MAHA ABBOUD-BLANCHARD, PHILIPPE LE BORGNE ET AGNES LENFANT

LE MEMOIRE PROFESSIONNEL EN IUFM, DOCUMENT "TEMOIN" DE LA FORMATION ET "TRACE" DE GENESES DE PRATIQUES

Abstract: In this workshop we propose two objectives. The first is to analyse pre-service teachers' geneses of ICT use through the analysis of their professional writings related to technologies. A second aim is to study the systems of oral and written resources likely to intervene in these geneses.

L'objectif du travail que nous proposons dans cet atelier est de repérer, à travers des écrits professionnels (mémoires) relatifs aux TICE, des indicateurs de genèses d'usages TICE[1] chez les enseignants stagiaires PLC2[2]. Nous visons également à étudier les systèmes de ressources, orales et écrites, susceptibles d'intervenir dans ces genèses.

Notre travail s'inscrit dans le thème 2 de l'école d'été car, d'une part, nous traitons le mémoire professionnel en tant que document produit par le stagiaire comme "mémoire" d'une réflexion et d'une pratique pendant une année de formation initiale et, d'autre part, la réalisation de ce document est accompagnée par une appropriation de ressources qui alimentent cette réflexion et cette pratique.

Notre approche du mémoire se décline ainsi à trois niveaux : document pour le professeur stagiaire, document pour la formation supervisé par un formateur, document pour le chercheur servant de trace de genèse de pratiques et de témoin de la formation.

L'atelier a été organisé autour de deux séances portant chacune sur un objectif de travail articulé avec des notions développées dans les cours relatifs au thème 2 :

- la première séance vise l'analyse de la problématique de mémoires professionnels et des séances TICE étudiées dans ces écrits. Il s'agit, pour nous, d'approcher le mémoire comme document dynamique permettant de repérer la genèse d'usages TICE dans une dialectique de fonctionnement-développement (Folcher, ce volume). Nous cherchons, à travers l'examen d'extraits du mémoire relatifs à l'activité du stagiaire, à trouver des indicateurs ou des traces de développement possible ou effectif ;
- la deuxième séance porte sur l'étude des ressources (bibliographiques ou issues de la formation) utilisées par le stagiaire dans le processus d'élaboration du mémoire. Le but du travail mené ici est de mettre à jour les modalités d'appropriation de ces ressources dans le sens d'une "genèse documentaire" telle qu'elle est définie dans le cours de Gueudet et Trouche (ce volume). A travers l'étude d'extraits d'un entretien avec le stagiaire et d'extraits de son mémoire, nous cherchons à comprendre comment il a construit un système de ressources pour son activité. Nous espérons également comprendre l'impact des ressources théoriques et professionnelles, relevant de la formation, sur la genèse de ses usages TICE.

Nous présenterons, dans une première partie, le contexte général de notre recherche et les cadres conceptuels utilisés. Dans la deuxième partie, puis la troisième, nous aborderons le travail mené lors des deux séances de l'atelier. Nous présenterons les modalités du travail proposé aux participants, les résultats directs tirés de l'étude des documents préparés pour l'atelier et une ouverture vers des résultats plus généraux découlant de notre propre recherche (Abboud-Blanchard et *al.*, soumis). Nous terminerons par une discussion portant sur des résultats plus globaux et sur la suite envisagée pour la recherche.

---

[1] TICE : Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement
[2] PLC2 : Professeurs de Lycée et Collège en deuxième année de formation initiale

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 1 – 118. © 2008 – La Pensée Sauvage – Editions.

CADRE GENERAL DE LA RECHERCHE

Notre recherche s'inscrit actuellement dans le cadre de l'équipe GUPTEn[3], mais a débuté en 2003 dans le cadre d'une équipe en projet INRP-IUFM dont le but était d'étudier "l'appropriation des outils TIC par les stagiaires d'IUFM et les effets sur les pratiques professionnelles". Nous nous y intéressons aux genèses d'usages TICE chez les professeurs stagiaires, c'est-à-dire les processus par lesquels les usages naissent et se développent. Notre objectif est également d'étudier les dispositifs susceptibles d'intervenir dans ces genèses.

Notre point de départ est le constat que, malgré les multiples incitations institutionnelles et les progrès technologiques, peu de professeurs s'approprient les outils informatisés et les intègrent réellement dans leurs démarches professionnelles[4]. L'étude de la dimension "enseignant" dans les recherches sur les usages des technologies est donc aujourd'hui essentielle. En ce qui nous concerne, nous étudions les enseignants débutants lors de leur année de stage en IUFM. Notre hypothèse générale est celle d'une population généralement équipée, connectée et ayant une représentation des TICE plus favorable que leurs aînés. Nous supposons aussi qu'ils disposent de certaines compétences, grâce notamment à la formation reçue à l'Université et à l'IUFM en particulier avec la mise en place du C2i[5]. Nous avons validé cette hypothèse générale via une étude par questionnaire (Le Borgne et *al.*, 2006). Une autre hypothèse est que l'année de stage est déterminante dans la formation des pratiques qui deviennent rapidement stables et cohérentes. Nous nous appuyons ici sur des travaux de recherches développés dans le cadre de la théorie de la double approche (Robert et Rogalski, 2002), particulièrement sur ceux de Lenfant (2002). En effet, Lenfant part de recherches qui ont mis en évidence la complexité des pratiques professionnelles et ont permis d'approcher le fait que, chez les enseignants expérimentés, ces pratiques s'organisent en systèmes qui paraissent stables et cohérents. Elle montre que cette cohérence s'établit dès les premiers mois d'exercice et se fige lors de l'année de stage, sous l'effet de représentations antérieures et de celles qui se forment dans la pratique. Mais, dans certains cas, les pratiques professionnelles des stagiaires peuvent évoluer, notamment sous l'influence des conditions de travail, de leurs représentations métacognitives relativement aux mathématiques et à leur enseignement, de certains incidents critiques ou de leur propension à s'interroger sur leurs propres pratiques. Selon Lenfant, sous l'influence des réalités du terrain et de la formation à l'IUFM, certaines compétences se développent plus rapidement que d'autres, mais la mise en place de dispositifs de formation spécifiques peut contribuer à faire naître des questionnements qui ne se construisent pas facilement *a priori*.

Pour étudier les usages TICE, nous avons, dans le cadre de l'équipe en projet, défini trois cadres d'usages apparentés à deux types de genèse instrumentale (Rabardel, 1995), la genèse instrumentale personnelle et la genèse instrumentale professionnelle (Abboud-Blanchard et Lagrange, 2006) :

- le premier cadre concerne les activités professionnelles non directement liées à la classe, qu'elles s'exercent individuellement ou au sein de communautés enseignantes ;

[3] GUPTEn (Genèses d'Usages Professionnels des Technologies chez les Enseignants) est une équipe qui a été constituée en réponse à l'appel d'offres ACI-éducation 2004-2008.

[4] Un rapport de la DEP (2003) montre les réticences de nombreux enseignants, au-delà d'une frange déjà "engagée".

[5] Le Certificat Informatique et Internet (C2i) comporte deux niveaux. Le premier atteste la maîtrise d'un ensemble de compétences techniques nécessaires pour mener les activités qu'exige aujourd'hui un cursus d'enseignement supérieur (http ://www2.c2i.education.fr). Le second atteste de compétences professionnelles communes et nécessaires à tous les enseignants pour l'exercice de leur métier, dans les dimensions pédagogique, éducative et citoyenne.

- le second cadre est celui où le professeur travaille "en différé" aux apprentissages de ses élèves : conception de situations ou d'activités pour les élèves, production de documents pour la classe, évaluation des apprentissages des élèves...
- le troisième cadre est celui de la classe. Nous considérons les usages ayant pour objectif de soutenir des apprentissages disciplinaires et qui tirent parti le plus souvent des logiciels spécifiques à la discipline ou constituent une utilisation spécifique de logiciels généraux.

Des études par questionnaires, structurées par ces trois cadres, nous ont conduits à des résultats concernant les deux premiers cadres (Lagrange, Lecas et Parzysz, 2006) certes significatifs mais très peu informatifs en ce qui concerne le troisième cadre. Notre étude des mémoires professionnels s'est construite comme méthodologie permettant d'approcher les pratiques réelles des stagiaires via leurs "traces" dans le document écrit "mémoire".

Le mémoire professionnel est en effet un point d'entrée favorable pour l'étude des usages en classe car c'est un "document mémoire" sur une pratique effective en lien avec les préoccupations professionnelles du professeur stagiaire :

- il y décrit et analyse les éléments jugés par lui essentiels dans l'élaboration et la mise en œuvre des séances de classe ;
- il y met par écrit son cheminement intellectuel, explicite les raisons de ses choix et les enseignements qu'il a tirés de cette expérience.

De plus nous faisons l'hypothèse que la conception du mémoire est un travail en lui-même déclencheur d'une réflexion "clandestine" c'est-à-dire d'une réflexion qui accompagne la réalisation du mémoire mais dont on ne trouvera pas de traces explicites dans l'écrit professionnel rendu. Pour y accéder il faudrait passer d'une part, par des indicateurs, souvent implicites, présents en général dans la conclusion du mémoire, d'autre part, par un entretien avec le stagiaire l'amenant à faire un pas de côté par rapport au travail accompli. Amigues, Azoulay et Loigerot (2002, p. 85) évoquent ce type de réflexion en parlant du mémoire :

> " On y repère des traces «réflexives» […] même si parfois elles sont très peu présentes, on constate un travail «clandestin » qui permet aux stagiaires de se démarquer du caractère normatif du mémoire professionnel et d'engager une réflexion « autour » du mémoire et d'attribuer un sens à leur action […]. Le mémoire professionnel serait ainsi le témoin de ce travail de réflexion, ou plus précisément il contiendrait les «résidus» d'un tel travail qui n'est pas seulement celui du stagiaire, mais aussi celui de la formation".

Nos objectifs de travail ont nécessité une méthodologie appropriée permettant dans un premier temps l'analyse du texte du mémoire et de celui du travail correspondant du stagiaire, auquel nous avons accédé par des entretiens post-validation. Dans un deuxième temps, nous avons tenté d'évaluer le rôle des dispositifs de formation, notamment la formation aux TICE et la direction du mémoire à travers des entretiens avec les directeurs des mémoires. En effet, le rôle des directeurs de mémoire semble, *a priori*, décisif dans ce phénomène de genèse d'usages TICE que nous essayons de traquer à travers les traces rapportées dans les mémoires relatifs aux TICE. Ce rôle, comme le rappelle Gonnin-Bolo (2002, p. 59), est celui de :

> "médiateurs entre des savoirs théoriques produits dans différents champs et les questions que se posent les stagiaires ; ils ont à faire un travail de traduction des différents savoirs pour chaque stagiaire en les recontextualisant en fonction des particularités de ces derniers, particularités biographiques et situationnelles".

Dans les deux séances de cet atelier, nous avons utilisé des recueils de données portant sur trois mémoires relevant d'un même IUFM et d'une même promotion de PLC2 mathématiques. Ces mémoires ont été produits par des stagiaires qui avaient au départ des profils différents : un "mordu" d'informatique, Gilles, et deux stagiaires qui "découvrent" les TICE, Kathy en classe de sixième et Florence en classe de seconde. Dans ce qui suit, nous détaillons pour chaque séance la nature des extraits distribués et le travail proposé aux participants à l'atelier.

Etant donnée le volume limité de cet article, nous fournissons en annexe les extraits relatifs à un seul mémoire, celui de Florence.

PREMIERE SEANCE DE L'ATELIER

L'objectif de cette première séance était d'approcher le mémoire professionnel comme un document dynamique permettant de repérer des genèses d'usages TICE. Nous avons alors demandé aux participants à l'atelier de chercher des indicateurs ou des traces de développement possibles, à travers l'étude d'extraits des trois mémoires et des interviews menées auprès des stagiaires. Chaque corpus proposé était constitué d'éléments relatifs à la problématique du mémoire, d'un exemple de séance TICE menée et analysée par le stagiaire et des documents distribués aux élèves au cours. La séance sélectionnée dans le mémoire de Kathy était centrée autour d'une activité avec le logiciel Géoplan dans laquelle les élèves de sixième devaient effectuer la construction d'un angle AOB et de sa bissectrice. Dans la séance de Gilles, le travail de ses élèves de cinquième consistait à construire le patron d'un prisme droit à l'aide du logiciel Géoplan. Enfin, dans la séance de Florence, ses élèves de seconde devaient obtenir les différentes sections d'un cube à l'aide d'un plan en utilisant le logiciel Géospace.

Le corpus contenait également des extraits de l'entretien post-validation plus spécifiquement relatifs aux questions posées dans la problématique, au travail de préparation, au déroulement et à l'analyse des séances (cf. annexe 1).

Les éléments étudiés, via ces corpus, étaient les suivants : les questions posées dans la problématique, les raisons invoquées pour justifier l'utilisation des TICE dans la séance analysée, la réflexion *a priori* du stagiaire sur le rôle de l'enseignant lors d'une séance intégrant les TICE, les ressources utilisées pour élaborer la séance, l'étude des documents proposés aux élèves, les prévisions de gestion de la classe, l'activité réelle du stagiaire au cours de la séance, les bilans collectifs menés en fin de séance.

Nous présentons ci-dessous les résultats obtenus au cours de notre recherche et nous les illustrons avec des exemples extraits des corpus étudiés lors de l'atelier. Cette présentation est organisée autour de trois axes : le premier est lié aux conceptions relatives à l'emploi des TICE construites par les stagiaires au cours de leur année de stage ; le deuxième et le troisième correspondent respectivement aux usages effectifs et aux retours réflexifs sur ces usages.

Les priorités mises en avant par les stagiaires pour intégrer les TICE à leurs pratiques

L'analyse des mémoires professionnels nous renseigne, tout d'abord, sur les raisons qui conduisent les stagiaires à intégrer les TICE dans leur enseignement. Ces raisons sont très peu liées à l'initiation informatique et sont essentiellement centrées autour des apports de ces technologies pour les apprentissages des élèves. Certains stagiaires expliquent ainsi qu'ils ont souhaité utiliser les TICE car leur usage améliore et favorise le travail disciplinaire. Ceci est notamment le cas de Florence qui considère que l'utilisation d'un logiciel de géométrie dynamique est un « bon moyen de faire travailler la vision de l'espace des élèves ».

D'autres stagiaires utilisent les TICE car ces technologies leur apparaissent comme :

- ♦ un outil attrayant pour les élèves. Kathy, par exemple, a introduit les TICE dans une situation de géométrie pour motiver ses élèves et les rendre plus actifs ;
- ♦ un outil « confortable » pour l'enseignant. Gilles considère que le recours à un logiciel de géométrie permet un gain de temps : « J'aurais voulu faire exactement la même chose en papier crayon […] il m'aurait fallu dix dessins. […] Ça m'aurait pris beaucoup plus de temps, 2 ou 3 heures pour pouvoir faire la même chose sur papier crayon. ».

L'étude des problématiques déclarées dans les mémoires nous a également permis d'approcher certaines questions qu'il semble important aux stagiaires de traiter dans le cadre d'une interrogation professionnelle sur l'intégration des TICE. Trois orientations principales apparaissent dans ces questions. La plus fréquente est centrée sur les apports des TICE relativement aux apprentissages des élèves. Ainsi, Gilles, déjà convaincu de l'intérêt de l'utilisation des TICE pour un enseignant de mathématiques[6] s'interroge davantage sur le ressenti de ses élèves de cinquième lorsqu'ils utilisent les TICE (« Apprécient-ils autant ces outils lors de séances de TIC ou durant un cours ? Se rendent-ils compte de l'intérêt pédagogique de celles-ci ? ») et sur l'apport des TICE pour l'apprentissage des élèves (« Font-ils le lien entre le cours et ces activités sur ordinateur ? Comprennent-ils mieux les notions abordées en cours et/ou les séances s'appuyant sur l'ordinateur ? »).

La deuxième orientation concerne les interrogations sur l'intégration des TICE, en particulier sur les types de situations à construire, sur les potentialités et les limites par rapport aux concepts étudiés. C'est cette orientation qui a été choisie par Kathy et Florence qui expérimentent l'utilisation des TICE via leur mémoire : Kathy articule son mémoire autour de la recherche des avantages et des inconvénients de l'utilisation de différents outils informatiques en classe de sixième. La réalisation et la rédaction du mémoire vont suivre ce questionnement. Mais, les constats faits au cours du travail et les contraintes et difficultés rencontrées vont l'amener à un troisième questionnement qui sera pris en compte et étudié en troisième partie du mémoire : la question de la formation initiale à l'utilisation des TICE. Florence, quant à elle, s'interroge sur l'intégration de logiciels de géométrie en classe de seconde (« Comment rendre l'utilisation de l'outil informatique efficace ? Quels seront les changements sur notre enseignement ? Sur l'investissement des élèves ? ») et sur les potentialités de leur usage (« Quels sont les réels apports et les limites d'un tel apprentissage et comment les évaluer ? »).

Une troisième orientation, plus rarement apparue dans les mémoires analysés, est relative aux interrogations sur le rôle de l'enseignant.

Les usages réels dans la préparation et la mise en œuvre des séances TICE

En ce qui concerne la préparation des séances, la tâche des élèves est le plus souvent préparée sous la forme d'un document écrit distribué en début de séance. Ce document contient généralement à la fois des questions liées au contenu disciplinaire sur lequel porte la séance et des aides à la manipulation du logiciel utilisé. Ainsi, dans le document-élève de la séance de Kathy, des copies d'écran sont intégrées dans le but d'aider les élèves à visualiser les actions à accomplir. Florence produit, quant à elle, un document dans lequel figure un premier exemple où sont détaillées les différentes manipulations à effectuer (cf. annexe 1).

Nous expliquons cette particularité de ce type de document par le fait que le plus souvent les séances proposées aux élèves incluent, dans le cadre d'un apprentissage disciplinaire, l'utilisation d'un logiciel peu ou pas connu des élèves. L'étude des trois exemples analysés au cours de l'atelier nous amène également à formuler l'hypothèse que cette caractéristique des documents-élève peut également s'expliquer par le fait que certains stagiaires, peu familiarisés avec les logiciels utilisés, considèrent comme nécessaire un tel guidage des élèves dans l'usage du logiciel. En effet, le document produit par Gilles est différent de ceux produits par Kathy et Florence : la première partie est constituée d'une sorte de sommaire décrivant les manipulations à mener pour obtenir différentes constructions ; dans la deuxième

---

[6] En effet, dès le début de son mémoire, il écrit : « En mathématiques, l'ordinateur peut permettre de mieux entrevoir la géométrie dans l'espace ou la construction de solides grâce aux logiciels de géométrie dynamique ; des sites interactifs d'exercices permettent à l'élève d'apprendre, de progresser en cours comme chez lui mais aussi à l'enseignant d'adapter les exercices à chaque individu ou encore à deux groupes différents. Les tableurs s'intègrent eux facilement dans un cours de statistique ou de proportionnalité. Cette technologie permet aussi à l'enseignant de progresser dans sa manière d'enseigner. »

partie consacrée à l'activité proposée à la classe, les élèves doivent être autonomes et utiliser le sommaire initial.

D'une manière assez générale, nous constatons que le degré d'autonomie des élèves évolue au fur et à mesure des séances proposées : au départ, ils sont souvent guidés de bout en bout, puis l'enseignant concède davantage d'autonomie lorsque cela lui semble profitable. Ainsi Kathy explique lors de l'entretien post-validation que si elle avait pu continuer à faire de telles séances avec ses élèves, elle leur aurait donné moins d'indications quant à l'utilisation de Géoplan.

En ce qui concerne l'activité en classe, les comptes rendus de séance laissent apparaître souvent comme marginale l'activité de l'enseignant. Ceci est le cas de Kathy, qui explique que son activité s'est limitée à gérer les bavardages des élèves (placés en binôme) car les élèves pouvaient se « débloquer » eux-mêmes, du fait de la forme du document fourni. En revanche, Florence a rencontré plus de difficultés car, n'ayant pas anticipé que ses élèves pourraient rencontrer des problèmes pour voir « dans l'espace » malgré l'utilisation du logiciel Géospace, elle a été obligée de gérer de nombreuses difficultés mathématiques.

Les phases de bilan sont rarement rapportées ou analysées ; certains stagiaires évoquent un bilan ultérieur, sans donner plus de précisions. Dans les trois cas étudiés dans l'atelier, pendant la séance les élèves avaient à produire des traces écrites qui ont été mathématiquement exploitées dans les séances suivantes, mais aucun bilan sur l'utilisation du logiciel n'a été mené.

Les retours des stagiaires sur leurs pratiques

Les analyses *a posteriori* des séances présentées dans les mémoires font presque toujours apparaître, suite à des difficultés rencontrées lors du déroulement effectif des séances, une certaine prise de conscience de spécificités liées à l'utilisation des technologies.

En ce qui concerne la préparation des séances, de nombreux stagiaires mentionnent des difficultés liées à la longueur du temps de préparation : Kathy souligne, par exemple, que la conception du document-élève lui a pris beaucoup de temps. Par ailleurs, Florence et Kathy évoquent que la construction d'une séance TICE nécessite plus de temps qu'une séance papier-crayon : nécessité de s'approprier le logiciel, difficulté à trouver des activités « toutes prêtes » adaptées à leurs objectifs ce qui les oblige à construire leurs séances en s'inspirant de diverses ressources (consultation de manuels, de sites Internet). Seul, Gilles estime que la conception d'une séance TICE lui demande moins de temps qu'une séance papier-crayon.

En ce qui concerne le déroulement des séances, l'analyse menée par les professeurs stagiaires se centre beaucoup sur des retours négatifs. Certains, comme Kathy, pointent que certains élèves perdent le sens de la tâche qui leur est proposée, du fait que leur attention est surtout accaparée par la manipulation du logiciel. D'autres constatent que l'usage d'un logiciel n'est pas forcément suffisant pour aider les élèves à construire des connaissances. Ainsi, Florence note que l'usage de Géospace n'a pas suffi à aplanir les difficultés de vision dans l'espace de ses élèves. D'autres pointent aussi, par exemple, que l'utilisation d'un logiciel de géométrie incite les élèves à se contenter de preuves expérimentales. L'ensemble des mémoires analysés témoigne d'une non-prise en compte du fait que l'introduction d'un outil TICE implique chez les élèves un nouveau rapport aux objets d'apprentissage. Les retours positifs relatés par les stagiaires sont essentiellement liés à la motivation et à l'intérêt des élèves.

Nous voyons aussi apparaître, en conclusion des mémoires, une prise de conscience *a posteriori* que pendant ces séances TICE l'enseignant n'est plus le seul détenteur du savoir à enseigner. De nombreux stagiaires pointent qu'il est plus aisé pour eux de repérer les difficultés des élèves et d'y remédier, mais qu'en revanche, il est plus difficile de gérer la classe, de contrôler le travail de l'ensemble des élèves et de l'évaluer.

DEUXIEME SEANCE DE L'ATELIER

La deuxième séance de l'atelier avait pour objectif l'étude des ressources utilisées par le stagiaire dans l'élaboration de son mémoire professionnel. Le travail mené visait à déterminer les modalités d'accès, de construction, d'adaptation et d'appropriation de ces ressources par le stagiaire. De natures bibliographiques ou directement issues de la formation, ces ressources permettent de mettre en évidence l'impact de la formation sur la genèse d'usages TICE. Les participants à l'atelier devaient identifier les ressources utilisées par le stagiaire et étudier leur appropriation pour nourrir la dimension théorique du mémoire ou pour mettre en œuvre une articulation théorie-pratique.

Le corpus donné aux participants à l'atelier était constitué d'extraits des trois mémoires professionnels et des entretiens menés auprès des stagiaires. Le document construit pour l'atelier (cf. annexe 2) comprenait :

- ♦ le sommaire du mémoire auquel sont ajoutées dans la marge des indications sur l'utilisation explicite d'éléments bibliographiques, ainsi que la nature de ceux-ci ;
- ♦ la conclusion du mémoire ;
- ♦ une liste des éléments bibliographiques non référencés dans le texte du mémoire ;
- ♦ des extraits de l'entretien conduit avec le stagiaire, portant particulièrement sur la nature des ressources utilisées, sur leur provenance, sur le rôle du directeur de mémoire…

Les résultats que nous présentons ci-dessous sont obtenus au cours de l'étude de ces trois mémoires et des entretiens correspondants, nous les organisons autour des points saillants issus des travaux de l'atelier. La faible utilisation des ressources théoriques et l'apparente difficulté à problématiser semblent des caractéristiques communes aux mémoires étudiés. Le rôle de la formation apparaît de façon très inégale. Nous essayerons d'isoler quelques traces de « réflexions clandestines » menées « autour » du mémoire. Il s'agit de réflexions peu visibles à la lecture du mémoire mais accessibles à partir des entretiens. Elles nous renseignent sur le travail effectué par le stagiaire pour se démarquer du caractère normatif du mémoire ; celles-ci peuvent sans doute révéler un impact de la formation sur l'activité et le développement professionnel du stagiaire.

La nature des ressources et leur utilisation

Les trois mémoires professionnels étudiés évoquent tous dans l'introduction l'enjeu majeur pour la société que constituent les techniques de l'information et de la communication. Des références aux documents ministériels, enquêtes « institutionnelles (étude INSEE), discours de ministres ou circulaires de l'Education Nationale centrent rapidement la réflexion sur la place que semblent devoir jouer les TICE dans l'enseignement de demain. Ces premières réflexions souvent générales et non liées à la discipline, aboutissent souvent à un questionnement plus didactique : « Comment se servir (et donc se former) des TICE dans son enseignement ? » « Quels sont les apports et les limites de l'utilisation des TICE ? » ou « Les élèves comprennent-ils mieux les séances ou les TICE sont utilisées ? ».

Les ressources en ligne apparaissent aux stagiaires plus accessibles que les documents papier. C'est le cas pour Kathy qui insiste dans l'entretien sur le fait qu'elle a fait des recherches en bibliothèque, sans obtenir de résultats satisfaisants. Elle aurait trouvé davantage de ressources adéquates sur Internet. Dans ce point de vue, il n'y a pas de réflexion liée à la nature des ressources obtenues car, bien entendu, ces ressources ne sont pas identiques ; les ressources obtenues sur le web sont modifiables, elles ne sont pas forcément l'objet de publications reconnues… Les enjeux liés aux ressources, notamment théoriques, leur contribution possible à l'élaboration du mémoire semblent échapper à ces stagiaires. De manière générale, le questionnement n'étant pas problématisé, ces ressources théoriques,

lorsqu'elles existent, ne sont utilisées ni pour éclairer la réflexion initiale du stagiaire, ni pour guider son action ou la critiquer. Elle donne au mémoire un caractère normatif où les éléments théoriques sont juxtaposés à une composante plus « expérimentale » sans qu'une quelconque articulation théorie-pratique n'apparaisse clairement. Ainsi par exemple pour Gilles, plusieurs articles du domaine didactique sont annoncés dans la bibliographie mais peu sont cités dans le mémoire. L'article de Chaachoua (2000) est cité dans les préliminaires puis dans la conclusion sans que le contenu du mémoire ne signale une quelconque articulation avec celui-ci.

Florence s'est appuyée sur certains travaux théoriques pour alimenter sa réflexion dans le domaine des TICE, et pour prendre en compte la dimension didactique dans la conception des séances. Mais, là encore, aucune référence n'est citée. De même chez Kathy, il n'y a aucune mention de l'apport des ressources consultées et donc pas de traces de genèse documentaire !

Gilles a essayé d'exploiter les ressources proposées par son directeur de mémoire sans vraiment y arriver. Celles-ci lui sont apparues trop théoriques, difficilement exploitables à partir du moment où elles n'utilisaient pas le logiciel qui a servi dans les séances de classe : « j'ai essayé de faire la jonction entre Cabri et Géoplan mais… ».

Le rôle du suivi de mémoire et de la formation

Dans tous les cas, il semble que le directeur de mémoire n'ait joué aucun rôle dans la conception et l'analyse des séances réalisées ; les ressources qui ont nourri la partie pratique du travail sont issues d'une recherche personnelle du stagiaire.

L'influence du directeur de mémoire sur le travail d'élaboration du mémoire apparaît assez diffuse. Les propositions d'utilisation de ressources venant des directeurs de mémoires sont souvent mal exploitées. Gilles, par exemple, se présente comme extrêmement compétent dans la connaissance des TIC. Déterminé dans ses choix, il est convaincu du fait que les élèves doivent utiliser les TICE. En conséquence, ses questions sont systématiquement recentrées sur le rapport élève-ordinateur. Le directeur de mémoire a essayé de conseiller le stagiaire pour porter la réflexion au niveau de l'enseignant sans y parvenir, sauf dans des aspects de surface. Pour Kathy le directeur de mémoire n'a eu de rôle qu'à partir du moment où il intervenait sur des « choses concrètes » faites par le stagiaire notamment au moment de la rédaction.

Le rôle des conseillers pédagogiques et des autres collègues est plus mitigé. Les collègues sur lesquels s'appuient les stagiaires sont en général des personnes ressources dans leur établissement. Ainsi pour Kathy, le conseiller pédagogique a joué un rôle essentiel comme « modèle d'enseignant réussissant l'usage des TICE ». Kathy s'est inspirée de sa pratique, sa « présence à ses côtés pour l'épauler […] l'a aidée à se rassurer et à s'aventurer dans ce domaine ». Un autre collègue de l'établissement l'aurait aidée pour certains problèmes techniques et surtout l'aurait formée à l'utilisation de quelques logiciels ce qui l'a aidée à mettre en place ses séances. On a l'impression que le rôle joué par ces deux acteurs a été déterminant dans la « genèse d'usages TICE » chez Kathy.

Il semble que sur ce point, ce ne soit pas le statut du formateur qui importe davantage que ses compétences dans le domaine des TICE ou même dans le domaine purement technique, notamment lorsque celles-ci sont reconnues sur le terrain. Ceci rejoint le constat établi dans la recherche sur l'étude à partir de questionnaires, des usages des technologies par les élèves professeurs (Le Borgne et *al*., 2006).

Le mémoire ne fait pas référence à la formation TICE. Lors des entretiens, il apparaît que la formation TICE semble être le lieu de la découverte et de l'appropriation des logiciels, mais qu'elle ne déclenche pas de réflexion de fond sur la genèse instrumentale. Ainsi par exemple, Kathy précise « On a beaucoup découvert mais on n'a pas été vraiment trop profond dans le logiciel ». Cette

réflexion vient abonder son point de vue selon lequel la formation est insuffisante, ce qu'elle évoque dès l'introduction de son mémoire.

Les réflexions autour du mémoire comme trace de développement professionnel

Il semble bien qu'à la lecture des entretiens avec le stagiaire, le mémoire puisse être le lieu d'une « réflexion clandestine », extérieure à celle développée explicitement dans le corps du mémoire. Cette dimension réflexive semble de nature à participer à la formation professionnelle du stagiaire.

Cette prise de recul est difficile à identifier et nous l'avons observée essentiellement pour Florence dont le mémoire place l'action du stagiaire au centre du projet du mémoire : « nous voudrions choisir les TICE non pas par obligation mais parce que nous pensons à ce moment là que c'est la meilleure méthode pour les élèves et pour nous ». Au tout début de l'introduction, la restriction à l'étude de l'utilisation des logiciels de géométrie apparaît même en second plan ; pourtant, dans la suite du travail explicité, c'est surtout le couple élève-outil TICE qui sera mis en avant. Même si le retour réflexif est très ténu lors de l'entretien, il est possible de le mettre en évidence dans le regard que porte le stagiaire sur son expérience propre : « c'est une grosse remise en question sur la manière de concevoir des cours […] on ne prépare pas du tout de la même manière, […] c'est le genre de séance à laquelle on est vraiment obligé de réfléchir… ». Ces réflexions ne sont pas mises en avant dans la conclusion du mémoire qui insiste sur la motivation des élèves face à l'outil et sur les notions et problèmes mathématiques nouveaux que ces logiciels permettent d'aborder…

Le rôle du directeur de mémoire n'est sans doute pas neutre dans l'élaboration conjointe du questionnement puisqu'il a conseillé aux stagiaires de « cibler encore plus la problématique » et sans doute de s'éloigner d'une étude des « TICE » trop générale. Il pourrait donc s'agir ici d'un effet de la formation.

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

Dans notre travail, nous essayons d'articuler l'analyse d'une activité spécifique du stagiaire, à travers l'étude des séances mises en place, et l'analyse d'une activité inscrite dans la durée et qui est propice au repérage de développements professionnels. Nous avons présenté ci-dessus divers résultats issus de ces deux types d'analyse ; nous souhaitons ici revenir en particulier sur deux d'entre eux.

Le document-élève apparaît comme une constante, dans tous les mémoires étudiés, incontournable lors de la conception et la réalisation d'une séance. Ce document nous semble conçu pour et dans l'usage (Folcher, ce volume). Il est à destination de l'élève, mais sa conception elle-même est indispensable au stagiaire pour mener à bien son projet. L'évolution de ce document, réelle ou envisagée, dans le temps témoigne d'une évolution des usages TICE du stagiaire. Nous remarquons que sa préparation nécessite beaucoup d'efforts et de temps et amène le stagiaire à se mettre en retrait pendant la séance et à laisser ses élèves en complète autonomie puisque "bien guidés" par le document. Nous faisons l'hypothèse que les stagiaires ayant une faible familiarité avec les TICE conçoivent des documents élèves très fermés comme s' ils "craignaient" que les élèves "dévient du chemin TICE" préparé et testé et comme s'ils n'envisageaient pas qu'un élève puisse "s'en sortir" sans leur guidage préalablement préparé. Nous postulons ici que la genèse instrumentale difficile du stagiaire vient perturber celle de l'élève.

A l'issue des séances mises en place, avec ce document-élève, nous notons l'absence de phases de bilan ou d'évaluation ce qui rejoint des observations souvent faites en formation lors de visites de stagiaires ou dans les mémoires professionnels, quel que soit l'environnement (TICE ou non). Ceci est révélateur d'un des points de résistance dans la construction des

pratiques enseignantes, fondé sur l'idée que l'activité de l'élève suffit à assurer l'apprentissage.

L'impact du système de ressources écrites et/ou orales et issues de la théorie et/ou de la formation semble à ce stade de notre travail très mitigé. En effet, l'appropriation de séances "toutes faites" présentes sur Internet et leur adaptation à l'enseignement planifié semble aisée. Par contre la genèse documentaire (Gueudet et Trouche, ce volume) relative aux ressources théoriques semble plus difficile, voire inexistante. Toutefois, nous remarquons que le directeur de mémoire joue parfois un rôle de médiateur vis-à-vis de ces ressources ce qui amène le stagiaire à y faire référence à l'occasion d'une réflexion post-mémoire. D'autres types de ressources accessibles via des formateurs, autres que le directeur de mémoires, ou des collègues du terrain semblent plus accessibles et autour desquelles un développement d'usage communautaire (*ibid.*) semble possible.

La suite de notre travail s'oriente actuellement vers une étude plus détaillée de ce dernier point qui nous semble porteur de prémisses de facteurs ayant un impact direct sur les usages émergents des TICE chez les enseignants stagiaires.

REFERENCES

Abboud-Blanchard, M., Lagrange, J.-b. (2006). Uses of ICT by pre-service teachers : towards a professional instrumentation? *International Journal for Technology in Mathematics Education* **13.4**, 183-190.

Abboud-Blanchard, M., Fallot, J.-p., Lenfant, A., Parzysz, B. *(article soumis)* Les usages des technologies par les enseignants en formation initiale, vus à la lumière des mémoires professionnels. *The Canadian Journal of Science Mathematics and Technology Education*

Amigues, R., Azoulay, C., Loigerot A. (2002) Le mémoire professionnel des professeurs des écoles, ou comment instrumenter l'action ? *Recherche et Formation* **40**, 75-86.

Chaachoua, H. (2000). Usage des TICE dans l'enseignement : Quelles compétences pour un enseignant des mathématiques ? Actes du séminaire INRP des 26 et 27 juin 2000 : *Usages éducatifs des technologies de l'information et de la communication, quelles compétences pour l'enseignant ?* Obtenu le 16 décembre 2007 à http://www.inrp.fr/Tecne/Rencontre/Chaach.pdf

DEP (2003) Note d'évaluation n° 03.01, ftp://trf.education.gouv.fr/pub/edutel/dpd/noteeval/ne0301.pdf

Gonnin-Bolo, A. (2002) Le mémoire professionnel en IUFM : « traduction » des savoirs, « médiation » des formateurs. *Recherche et Formation* **40**, 59-74.

Lagrange, J.-b., Lecas, J.-f., Parzysz, B. (2006) Les professeurs stagiaires d'IUFM et les technologies, quelle instrumentation ? *Recherche et Formation* **52**, 131-146.

Le Borgne, P., Fallot, J.-p., Lecas, J.-f., Lenfant, A. (2006) Usage des technologies par les élèves professeurs : analyse à partir de questionnaires. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire* (Canada), **6**, 7-14.

Lenfant, A. (2002) *De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre de professeurs stagiaires*. Thèse de doctorat, Université Paris 7.

Rabardel, R. (1995*). Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.

Robert, A., Rogalski, J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *La revue canadienne des sciences, des mathématiques et des technologies* **2.4**, 505-528.

ANNEXE 1

Extraits du mémoire de Florence : Documents fournis pour la première séance de l'atelier

Introduction

Les techniques de l'information et de la communication constituent un enjeu majeur pour les sociétés modernes et l'Education Nationale se doit de préparer ses futurs citoyens à entrer dans ces sociétés. C'est ainsi que les TICE sont en plein développement dans l'ensemble du système éducatif. […] Les convaincus avancent deux raisons essentielles pour lesquelles les TICE constituent un enjeu important pour l'école : elles apportent des techniques modernes procurant des supports diversifiés à l'enseignement tant du côté des élèves que du côté des enseignants et modifient la relation aux savoirs en en multipliant l'accès (ces deux aspects nécessitant parfois de repenser les méthodes d'apprentissage). […]

Toutes ces bonnes intentions ont permis le développement de nouvelles théories d'apprentissage et notamment l'enseignement assisté par ordinateur. Face à ces nouvelles méthodes des questions ont été soulevées, en particulier : comment utiliser l'outil informatique en mathématique ? […]

Nous voudrions choisir les TICE non pas par obligation mais parce que nous pensons à ce moment-là que c'est la meilleure méthode pour les élèves et pour nous. C'est ainsi que nous avons choisi de restreindre notre étude à la géométrie car l'utilité des logiciels dans ce domaine nous est apparue évidente. Ainsi avons nous décidé d'inclure l'informatique dans nos pratiques pédagogiques. Mais comment utiliser ce nouvel outil de manière efficace ? Il existe aujourd'hui plusieurs logiciels de géométrie qui procurent à l'élève une aide considérable. Néanmoins ce n'est pas parce qu'on installe un élève devant un logiciel de géométrie qu'il fait de la géométrie, et il devient plus difficile de convaincre les élèves de la nécessité de prouver une propriété lorsque le logiciel leur a répondu qu'elle était vraie. […]

Notre attention se portera plus particulièrement sur les points suivants :

Comment rendre l'utilisation de l'outil informatique efficace ? Quels seront les changements sur notre enseignement ? Sur l'investissement des élèves ? Quels sont les réels apports et les limites d'un tel apprentissage et comment les évaluer ?

Exemple d'une séance en seconde :

a) Présentation de l'exercice

Ce travail informatique se déroule début mars. Il s'inscrit dans le chapitre de géométrie dans l'espace. Les positions relatives (de deux droites, de deux plans, d'une droite et d'un plan), les règles d'incidence et le parallélisme ont déjà été traitées et sont des pré-requis pour cette séance. […] Le cube est chargé à partir du fichier d'exemples. Une première possibilité est traitée sur le polycopié pour les aider à comprendre ce qui est attendu. C'est aussi l'occasion de leur rappeler certaines commandes de Géospace qui leur seront nécessaires (créer un point libre par exemple). Nous soulignons également au travers de cet exemple qu'il faut parfois créer d'autres points d'intersection pour obtenir la véritable section.

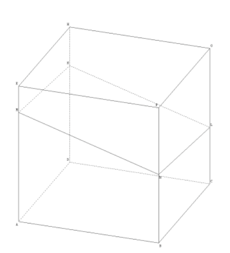
L'instruction est alors la suivante : créer d'autres points et d'autres plans afin d'obtenir les sections suivantes : carré, parallélogramme non rectangle, triangle, pentagone et hexagone. Nous leur donnons un polycopié où ils doivent reporter leurs résultats avec les justifications.

Le document élève :

A partir du cube qui vous est fourni dans Geospace, je vous propose de créer des points mobiles sur les différents segments afin de créer des plans. Ces plans sectionnent le cube donnant diverses figures planes mais lesquelles ? Ceci sera l'objet de ce TD.

<u>Un exemple :</u>
Créer le point mobile M sur le segment [AE]
Créer, point, point libre, sur un segment…
Créer de même un point mobile N sur [BF] et un point mobile L sur [GC].

On obtient le plan (MNL).
L'intersection de ce plan avec le cube est un …………… ?



Pour visualiser cette section :
- construisons le point d'intersection K du plan (MNL) avec la droite (HD).
  Créer, point, intersection droite-plan.
- traçons MNLK.

Créer, ligne, polygone convexe, défini par ses sommets.
- intéressons nous uniquement au plan (MNL) avec l'icône *plan isolé*.

(Les icônes *vues* vous permettent de revenir sur les précédentes figures, le clic droit de la souris permet de faire pivoter le solide)

Répondre alors aux questions suivantes en faisant de nouvelles sections et en faisant varier les points sur les arêtes :

La section d'un cube peut-elle être :
- un carré ?
- un parallélogramme non rectangle ?
- un triangle ?
- un pentagone ?
- un hexagone ?

Reproduire les sections obtenues et justifier.

b) Analyse a priori

Titre du chapitre : Géométrie dans l'espace

Objectifs visés :	**Pré-requis nécessaires aux élèves pour aborder la séance** :	**Savoirs à acquérir** :
• utiliser efficacement le logiciel • savoir prendre des initiatives • développer la vision dans l'espace	• positions relatives (droites, plans, droite et plan) • règles d'incidence • coplanéarité • parallélisme	• notion de section d'un polyèdre par un plan • savoir passer de l'espace au plan et inversement • réinvestir les propriétés de géométrie dans l'espace (pour justifier les sections obtenues)

Episode 1 titre : L'exemple		**Durée envisagée** : 15 min
Consignes envisagées : Il s'agit, à partir du cube téléchargé (dans le fichier d'exemples), de créer, grâce aux indications en italiques, des points mobiles et de déterminer la section obtenue. **Mode de travail des élèves** : en binôme **Aides envisagées** : ils sont guidés sur le polycopié, pour construire un quatrième point utile à la détermination de la section. **Production attendue** : définir la section obtenue **Tâches mathématiques attendues** : utiliser les règles d'incidence et de coplanéarité pour justifier que la section obtenue est un rectangle, voire pour certains, un carré.		
Incidents envisagés : - Beaucoup vont voir simplement un parallélogramme à cause de la perspective.	**Survenu** : oui	**Réponses prévues par l'enseignant** : → utiliser l'icône « plan isolé ».

Episode 2 titre : Carré, triangle, parallélogramme non rectangle, pentagone et hexagone **Durée envisagée** : 45 min
Consignes envisagées : Trouver des plans dont la section avec le cube sont les figures planes suivantes : carré, triangle, parallélogramme non rectangle, pentagone et hexagone. **Mode de travail des élèves** : en binôme **Aides envisagées** : Il est suggéré de créer de nombreux points mobiles afin d'avoir beaucoup de plans différents et

donc beaucoup de sections différentes.

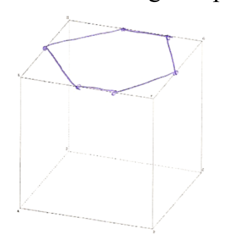
Production attendue : Trouver les plans, les dessiner sur le polycopié prévu à cet effet et justifier que la section est bien la figure plane annoncée.

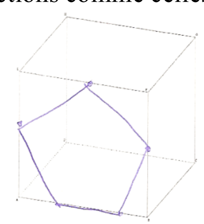
Tâches mathématiques attendues : Utiliser la définition d'un plan, les règles d'incidence, de coplanéarité et de parallélisme pour trouver les bons plans et justifier.

Incidents envisagés :	**Survenu** :	**Réponses prévues par l'enseignant** :
- Les points qu'ils utiliseront ne seront pas toujours coplanaires.	Oui	→ 1.Quand ils demandent à tracer le polygone, le logiciel les averti que les points ne sont pas coplanaires. →2.Ils peuvent aussi vérifier grâce au plan isolé.
- ils ne sauront pas faire correctement la section qui correspond au plan qu'ils utilisent : plan = triangle !	Oui	→1.Ils peuvent retourner à leur cours où nous avons vu une méthode pour construire des sections. →2.Revoir la définition d'un plan.
- Ils ne trouveront pas les plans	Oui	→1.Créer un maximum de points, les déplacer et se placer dans les différents plans. →2.Créer des intersections grâce au logiciel.

c) Analyse a posteriori

Deux élèves en grandes difficultés, n'ont réussi que la section du carré. Elles ont utilisé une des faces du cube pour dessiner chacune des figures planes demandées. On obtient des sections comme celles-ci :





L'incompréhension est grave : elles n'ont intégré ni le concept de section, ni celui de plan.

Pour la section d'exemple, nombreux sont les groupes tombés dans le piège de la perspective. La section qui était un rectangle est devenue un simple parallélogramme. Par contre, les élèves qui ont déjà eu l'initiative de passer dans le plan (comme cela était suggéré sur le polycopié) n'ont pas commis cette erreur.

A ceci, deux conséquences :

- ceux qui ont répondu que c'était un parallélogramme, ont reproduit la même section dans la partie réservée au « parallélogramme non rectangle ». Au moins, ils restent logiques, même dans leurs erreurs !
- ceux qui sont passés dans le plan dès l'exemple, ont saisi l'importance d'alterner vision dans l'espace et vision dans le plan.

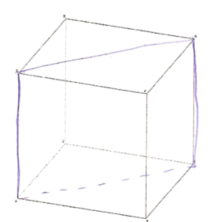
Pour finir sur l'exemple, certains y ont vu un carré. Parfois à juste titre, la section était bien parallèle aux deux faces inférieure et supérieure du cube. Par contre, certains ont pris des sections « presque » parallèles et leur carré n'en était pas un, cependant, à vue de nez, sur l'écran, il était difficile de le voir.

Un groupe s'est posé la question. Comment être sûr que ce soit un carré ? Ils ont réfléchi et finalement, ont tracé la diagonale puis le cercle ayant pour diamètre cette diagonale. Ils ont perdu du temps et n'ont trouvé que le carré et le triangle. Néanmoins, c'est indéniable, ce binôme a fait de la géométrie et a réinvesti ses connaissances. (Je leur ai rappelé ensuite qu'ils avaient la possibilité d'afficher les longueurs des segments et la mesure des angles.)

Beaucoup de binômes ont trouvé intuitivement la section du carré sans réellement la justifier.

(Nous avons dû rappeler cette partie de l'exercice : les justifications, mais elles sont rares.)

D'autres se sont trompés et ont proposé la section suivante,



persuadés que la diagonale du carré était de même mesure que le coté du cube.

Je leur ai proposé pour justifier leur section, d'afficher les longueurs ou de passer dans le plan et de calculer la longueur de la diagonale par leurs propres moyens. Aucun problème, Pythagore est maintenant un réflexe chez eux (sûrement parce qu'ils ne connaissent pas beaucoup de théorèmes) et ils ont cherché une autre section. Le problème est qu'ils n'ont pas encore ce réflexe espace / plan, il faut leur dire de passer dans le plan sinon ils restent convaincu de ce qu'ils voient !

De manière générale, l'exemple n'a pas été suffisamment clair. Il a fallu expliquer de nouveau ce qui était attendu avec le triangle, sans donner la réponse à l'exercice. […]

Ici encore, nous avons deux types de résultats :

Le plan perd sa notion d'infini et ils ne font même pas le lien avec la toute première section d'exemple. Nous sommes face à un problème courant chez les élèves : la difficulté à lier les questions entre elles, que ce soit quand elles font avancer un raisonnement ou quand elles utilisent le même.

[…]

Extraits de l'entretien avec Florence: Documents fournis pour la première séance de l'atelier

La première question que je vais te poser : pourquoi as-tu choisi de faire intervenir les TICE dans ton mémoire ?

Premièrement, c'est parti du fait que je voulais m'obliger vu que ce n'était pas quelque chose que j'avais connu dans mon cursus scolaire et vu que c'était quelque chose que je ne connaissais pas bien en tant qu'enseignant, je voulais m'obliger à l'introduire dans mon enseignement. Et comme je n'y connaissais rien, je trouvais que le mémoire, vu tout le travail de recherche qu'il y avait à faire à côté, c'était vraiment le bon moyen de bien connaître le sujet et de le mettre en place et aussi parce qu'il y avait pas mal de salles informatiques sur le lycée où j'étais donc je pouvais avoir quand même accès […]. Et puis aussi parce que j'avais une classe de littéraires. […] Ils ne comprenaient pas grand chose et ne s'y intéressaient pas vraiment, je pensais que l'outil informatique pouvait redonner peut être goût autrement ou leur faire découvrir les maths autrement .

Est-ce que le fait d'intégrer les TICE dans une séance ça change quelque chose par rapport à une séance habituelle dans la préparation ?

Dans la préparation, c'est vrai que c'est plus long quand même de préparer une séance TICE. Déjà parce que je vais forcément tester l'exercice. Enfin, je fais beaucoup plus de recherche pour la séance TICE.

De recherche de quel type, documents ?

Oui, je vais sur plein de sites, je regarde les TICE qui ont été fait dans les différentes classes. Je trouve que c'est difficile d'évaluer le niveau d'une activité TICE.

C'est quoi qui te semble difficile ? Qu'est ce que tu veux dire par évaluer le niveau ?

Oui, je trouve qu'on a souvent l'impression que c'est facile sous prétexte qu'il y a l'ordinateur. On ne se rend pas compte de la difficulté qu'on peut introduire en fait. Donc, c'est vrai que je fais beaucoup de recherche, disons qu'un exercice qui revient dans énormément de manuels par exemple, ça me conforte dans l'idée que je suis bien dans le niveau où je dois être. Après, j'y réfléchis trois semaines avant de les faire. Pendant une semaine, je vais regarder leurs difficultés. Après je vais faire une première ébauche, après je vais tester l'exercice moi-même, je vais le faire. Il faut que je passe dans les salles informatiques vérifier que les logiciels fonctionnent.

Donc, on va passer à la deuxième séance TICE. Qu'est ce qui te semblait intéressant dans la section du cube ?

Je trouvais que c'était un bon moyen de leur faire travailler leur vision dans l'espace sans commencer à parler de propriétés compliquées. On avait fait plein d'exercices où on avait trois points. Déjà le gros problème de trois points égale un plan et pas un triangle ou n'importe quoi, c'était tellement récurrent que je m'étais dit que ce serait un moyen de pallier, de leur faire se rendre compte que si un plan coupe un cube, on obtient une section et suivant comment on place le plan… Et donc par la suite, je me suis rendu compte qu'en fait les problèmes qui sont liés à ça sont beaucoup plus profonds et qu'on peut éveiller peut être certains mais c'est quand même beaucoup plus dur que ça. Et puis en plus, on nous avait donné à l'IUFM un exercice dessus où à un moment tout le monde s'était fait avoir : il fallait faire une section et en fait, on avait deux droites, deux tracés. On nous demandait la section et tout le monde avaient tracé la section. Et personne ne s'était interrogé si les droites

étaient bien coplanaires ou pas, alors que les droites n'étaient pas du tout coplanaires. Je m'étais dit : si nous déjà on arrive à se faire avoir sur un truc comme ça, ça voudrait peut être le coup. C'est que la visualisation dans l'espace, même pour nous, ce n'est pas quelque chose de facile. Donc, je trouvais ça intéressant et en passant dans la salle des profs du lycée, il y a un prof qui me dit « tiens, tu as envie de faire ça avec tes élèves », et il me dit « mais moi, ça fait cinq ans que je le fais ». Donc je m'étais dit, bon ben voilà, il y a d'autres profs qui le font avec leur seconde. […] Le TICE pour le coup était beaucoup plus dur que ce que j'avais pu imaginer. C'est là par exemple où je peux dire que j'ai eu un problème pour évaluer la difficulté du TICE. Je m'attendais pas du tout à ce qu'ils aient autant de difficultés. Parce que je ne voulais pas quelque chose qui nécessite forcément de réintroduire toutes les connaissances de géométrie dans l'espace qu'ils auraient . Parce que c'est un chapitre quand même assez lourd pour eux. Or, je me rends compte que pour faire vraiment bien ce TICE, il faut vraiment avoir des connaissances en géométrie dans l'espace. Parce que dans la perspective, je me rends compte qu'on peut leur dire que c'est perpendiculaire, ils ont du mal à le croire et finalement, je me rends compte que si nous on croit, c'est parce qu'on connaît la propriété qu'il y a derrière et on sait que de toutes les façons on n'a pas le choix, elles sont forcément soit orthogonales, soit perpendiculaires. Alors qu'eux, ne savent pas, donc là, j'ai eu vraiment des difficultés à évaluer, je l'ai fait trop compliqué. […]

Pendant cette séance, ton rôle est-ce qu'il a été modifié par rapport à ta première séance ?

Là, ça n'avait rien à voir. Déjà, au niveau des élèves qui confondaient beaucoup la notion de plan, je devais repasser dans les groupes et leur dire : « attention, je ne vous demande pas de me dessiner le triangle qui va correspondre aux trois points, mais vraiment de déterminer le plan ». Donc, là, je repassais plein de fois en leur disant « regardez, vous pouvez placer dans le plan », donc je leur montrais que le quatrième point qu'ils avaient construit n'était pas du tout coplanaire avec les autres, je leur dis « voyez, on se place dans le plan, mais le point n'est pas là, donc vous n'êtes pas coplanaires du tout, posez vous des questions ». Et puis, j'ai eu plus de travail avec eux en mathématiques dans cette séance là. Toujours pas en informatique, ils ont été très intuitifs. En plus ceux qui étaient déjà passé sur Géoplan n'ont eu aucune difficulté à repasser sur Géospace. A expliquer à leurs petits camarades qui n'étaient pas là la fois d'avant. […]

Et là donc, est-ce que ton objectif visé en utilisant les TICE est atteint ou pas sur cette séance ?

Non, les objectifs que je me fixais n'ont pas été atteints. Pour moi, le but c'était vraiment une visualisation dans l'espace à acquérir pour pouvoir ensuite la réutiliser […].

Est-ce qu'après ces séances TICE tu as fait des bilans ?

De toute façon, ils me rendent toujours une copie et je leur rends toujours après. Donc ça dépend : si la séance s'est bien passée, ça va être très rapide en classe entière […] Par contre, en fait on est repassé en correction papier crayon sur la deuxième séance, puisque je ne pouvais pas repasser en salle info. […] J'envoie un élève au tableau qui a réussi à faire la section, je veux qu'il m'explique avec ses mots comment il a réussi à faire la section et pourquoi il est sûr que la section qu'il a obtenue est bien ce qu'il a dessiné. Et à chaque fois, on répète ce qui est bien de la coplanarité. […]

ANNEXE 2

Extraits du mémoire de Florence : Documents fournis pour la deuxième séance de l'atelier

Sommaire et extraits de la partie théoriques du mémoire :

I – Histoire de TICE

1 – Mais où est passée cette pensée « modélisante, algorithmique et organisationnelle » ?

2 – Réseaux, Internet

3 – Apprendre autre chose

Progressivement, la place des TIC dans l'enseignement des différentes disciplines devient plus claire : l'usage du tableur en mathématiques, de la cartographie en géographie, de l'expérimentation assistée par ordinateur en physique-chimie et SVT, de la simulation…

Mais il s'agit d'en avoir une utilisation raisonnée. Les ressources disponibles pour les enseignants sont sans cesse accrues. Les nouvelles modalités d'apprentissage suscitent un grand intérêt chez les chercheurs en didactique et en psychologie cognitive.

Dans tous les cas, les enseignants auront rarement, au fil de l'histoire, disposé d'une telle variété de ressources, et d'une telle responsabilité quant aux choix didactiques et pédagogiques.

4 – Apprendre autrement

La différenciation pédagogique, l'aide individualisée, le travail autonome des élèves semblent se développer lentement, malgré les possibilités techniques. Les TIC prennent difficilement place dans notre système éducatif. Si l'ordinateur peut contribuer à améliorer notre enseignement, il ne saurait être la solution radicale à tous les problèmes pédagogiques.

5 – Apprendre mieux

Cette question interpelle l'ensemble du système éducatif et bien entendu et c'est légitime, ceux qui financent les équipements. Les études didactiques se multiplient. Les utilisations des TIC sont et seront évaluées avec plus d'exigences que les pratiques « traditionnelles ». Il convient d'évaluer avec soin toutes les conséquences didactiques et pédagogiques.

Face à ces évolutions, le système éducatif a eu à répondre à trois types de questions liées :

faut-il considérer la science informatique comme une discipline, au même titre que les mathématiques ou l'histoire ?

comment former les professionnels de l'informatique et intégrer pleinement son usage dans les formations professionnelles ?

comment former les élèves à une utilisation raisonnée des technologies d'information et de communication ?

En 1981, une option informatique était mise en place dans les sections scientifiques des lycées d'enseignement général mais elle fut supprimée en 1997. La question de l'introduction d'un enseignement de l'informatique semble en 2005 peu à l'ordre du jour.

Quant à la formation des élèves, cette question était l'objet de vives polémiques dans les années 80. On disait, d'une part, que les interfaces modernes et les icônes rendaient les utilisations « transparentes ». D'autre part, on affirmait que le système éducatif n'avait ni à fournir le mode d'emploi de l'ordinateur, ni à adapter les élèves aux exigences d'une société productiviste. Dans les années 90, apparaissent dans les débats des termes comme « cyberfracture ».

En France, en novembre 2000, les Brevets informatique et Internet niveau 1 (école) et niveau 2 (collège) sont créés. Sans introduire de discipline informatique, ils se fondent sur la validation de compétences acquises au cours de l'enseignement dans les différentes disciplines de l'école.

En 2005, un système cohérent de validation est mis en place avec l'ensemble B2i écoles et collèges, Certificat informatique et Internet pour les étudiants en deuxième année d'université et Certificat informatique et Internet professionnel pour les enseignants. Alain Séré, inspecteur général dit à ce sujet : « le dispositif B2i permet d'échapper au débat récurrent qui oppose les tenants d'un enseignement codifié de l'informatique à l'école (informatique sujet d'enseignement) et les partisans d'une approche utilisatrice, voire utilitaire (informatique outil). Dans son positionnement d'évaluation, le B2i dépasse en quelque sorte ce débat. »

Fin du XX ème siècle, la connaissance et les compétences permettant un usage raisonné des TIC représentaient un défi pour le système éducatif du XXI ème siècle.

6 – Evolutions des techniques et pratiques pédagogiques

Pour l'enseignement, la question est la suivante : « les pratiques pédagogiques changent-elles sous l'influence des techniques ou, au contraire, rejettent-elles les techniques qui ne leur correspondent pas ? »

Ainsi l'enseignant commence à faire des séances en salle informatique plus longue (l'heure entière) et les machines en fond de classe ont un usage pleinement intégré aux activités normales du cours. Mais la pratique de

l'enseignant reste un atout essentiel : malgré des moyens limités, des logiciels sont devenus créatifs et stimulants pour les élèves avec des enseignants motivés, à l'inverse des utilisations se sont vues navrantes avec du matériel sophistiqué.

« Il ne suffit pas de disposer d'ordinateur pour vouloir et savoir différencier la pédagogie, ni d'un logiciel de traitement de texte pour faire aimer l'écriture… » !

II – Histoire de géométrie
1 – Faut-il encore enseigner la géométrie
2 – L'apprentissage du raisonnement*
3 – L'enseignement de la géométrie, hier et aujourd'hui
a – Avant la réforme des mathématiques modernes
b – La réforme des mathématiques modernes
c – Faire place aux nouvelles technologies :

Il existe aujourd'hui plusieurs logiciels de géométrie dynamique qui procurent à l'apprenti géomètre une aide considérable. Ce nouvel outil peut débloquer certains élèves, rebutés par la difficulté de notre discipline. Il faut toutefois être prudent :

- ce n'est pas parce qu'on installe un élève devant un logiciel de géométrie qu'il fait de la géométrie,

- il devient encore plus difficile de convaincre les élèves de la nécessité de prouver une propriété lorsque le logiciel leur a répondu qu'elle était vraie.

Une réflexion didactique, déjà commencée depuis plusieurs années, est indispensable pour que l'utilisation de ce nouvel outil conduise à une amélioration de l'enseignement et non l'inverse.

d – Enseigner la géométrie avec un ordinateur *?*

Dans un tel enseignement il peut s'avérer utile, voire indispensable.

A l'école maternelle, des jouets comme les tortues Logo permettent d'aborder les notions de déplacement, de longueur ou d'angle.

Dès l'école primaire, les possibilités de déplacer les dessins permettent des réflexions utiles. Par exemple, on peut faire la différence entre un rectangle obtenu « à vu de nez » et un « vrai » rectangle en utilisant une grille ou l'outil « droites perpendiculaires » sous Cabri. On peut utiliser le mouvement pour introduire de nouvelles notions comme les bissectrices, les droites tangentes à un cercle (position limite d'une sécante) … On peut également travailler sur des problèmes ouverts où l'ordinateur permet les premières étapes de l'étude du problème et où le résultat et la démonstration sont parfois suggérés par le logiciel.

Au lycée, les transformations peuvent être abondamment illustrées. L'introduction de la géométrie analytique peut être préparée par l'introduction des axes et leur utilisation avec certains logiciels (Cabri, Géoplan, Géospace).

On voit que les ordinateurs sont utiles à l'enseignement à condition de tenir compte de cet emploi dès le départ. Mais un nouvel enseignement devra être précédé d'une réelle formation des enseignants.

III – Expériences au lycée Clémenceau et au lycée Colbert
1 – Présentation des deux classes
2 – Expérience n°1 : Géométrie plane, droite d'Euler
a – Présentation de l'exercice
b – Analyse *a priori*
c – Analyse *a posteriori*
d – Conclusion
3 – Expérience n°2 : Géométrie dans l'espace, section d'un cube
a – Présentation de l'exercice
b – Analyse *a priori*
c – Analyse *a posteriori*
d – Conclusion
4 – Expérience n°3
a – Présentation de l'exercice
b – Analyse a priori
c – Analyse *a posteriori*
d – Conclusion

Aucune source citée
Pas d'utilisation de ressources théoriques pour analyses a priori et a posteriori

CONCLUSION
BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES

Bibliographie du mémoire

Ouvrages :

MISSET L., TURNER J. et LOTZ E. . *Déclic mathématiques seconde.* Hachette éducation, 2004.

CUPENS, Roger. *Mathématiques et informatiques.* Bulletin de l'APMEP n° 429 (mai-juin 2000) p.460-468.

ROUCHE, Nicolas. *Comment repenser l'enseignement de la géométrie ?* Bulletin de l'APMEP n° 430 (septembre 2000), dossier : la géométrie et son enseignement I, p.569-649.

CUPPENS, Roger. *Enseigner la géométrie avec un ordinateur.* Bulletin de l'APMEP n° 431 (décembre 2000), dossier : géométrie II, p.813-820.

BOUTEILLER Y. et DUPERIER M. *Apprendre et pratiquer la géométrie avec l'ordinateur.* IREM d'Orléans, 1993.

PERRIN, Daniel. *Quelques réflexions sur la géométrie et son enseignement.*

HILBERT D. et COHN-VOSSEN S. *Geometry and Imagination.*

Articles:

Article publié en 2006 dans *Proceedings of 4th International Colloquium on the Didactics Mathematics II* [ressource électronique].

VOGEL, Nicole. *Géométrie 3D dynamique.* Compte rendu d'une vidéoconférence du mercredi 21 juillet 2004. IREM 2. [ressource électronique].

Sites :

Base d'indexation des ressources

Type de document : Scénario d'usage d'outils **TICE**. Académie: La Réunion. Niveau: Première ES-Première S. Thème : **Géométrie** de l'espace...

bd.educnet.education.fr/urtic/ maths/index.php ? commande=chercher&id_aca=13 - 14k -

TICE au lycée- activité pour la classe de seconde. [Ressource électronique].

... au Lycée>activités 2nde >Introduction à la **géométrie** dans l'espace. **TICE** au Lycée...

Exercice d'introduction à la géométrie dans l'espace

www.univ-orleans.fr/irem/groupes/**tice**/2octa.php

PrimTice 09

TICE et **GEOMETRIE**. Publié le 6 octobre 2005. Mise à jour le 14 novembre 2005.

Pistes de travail. MATHEMATIQUES : **Géométrie**...

pedagogie.ac-toulouse.fr/ariege-education/ prim**tice**/article.php3 ? id_article=137

Conclusion du mémoire

Nous avons remarqué que nos élèves sont peu habitués aux séances informatiques. Ce nouvel élément en cours de mathématiques a un grand impact sur la motivation générale et particulièrement sur celle des élèves en échec scolaire.

Face à cet enthousiasme, il convient d'éclaircir un point avec eux : il ne s'agit pas d'utiliser l'ordinateur pour son aspect ludique habituel.

De plus, l'enseignant doit être prudent. D'abord, sur le temps consacré à une telle séance : pas plus d'une heure sinon une certaine lassitude est constatée (comme dans une activité traditionnelle, il faut savoir varier). Deuxièmement, l'ordinateur n'est qu'un support et la séance mathématique ne doit pas se transformer en travaux dirigés d'informatique. C'est pourquoi, d'un point de vue technique, les élèves ont peu d'autonomie ; leur connaissance des logiciels utilisés est trop restreinte.

Si nous voulons que nos élèves soit efficaces faces à ces nouvelles méthodes d'apprentissage, l'élaboration d'une fiche guide est primordiale. La façon dont elle est construite est déterminante. Cette fiche a deux buts. Premièrement, elle retrace les différentes manipulations informatiques. Deuxièmement, elle détaille les différentes phases de l'activité mathématique, aide à la résolution et à la rédaction du compte rendu.

La difficulté à élaborer cette fiche pourrait se résumer ainsi : « comment ne pas en dire trop, ni trop peu ? ». Comment être clair et directif sans pour autant résoudre et rédiger à leur place ?

Sans aller plus loin, il nous est déjà possible de soulever deux autres questions :

- est-ce qu'une utilisation régulière, dès le collège, ne nous libérait pas des contraintes techniques ?
- si l'utilisation du support informatique devenait régulière, ne perdrait-on pas cet effet de remotivation ?

En ce qui concerne nos idées « pré-mémoire », elles ont été confortées par nos expériences. L'usage de logiciels dynamiques en géométrie semble incontournable et nous songeons déjà aux autres notions que nous pourrions traiter à l'aide de l'informatique : simulations, problèmes d'optimisation… Mais de telles séances restent encore à être testées !

Notre rôle lors de ces activités est très important. Un enseignant doit être préparé aux divers problèmes techniques et ne pas se laisser submerger s'ils surviennent. Il doit également récupérer l'attention de sa classe régulièrement, pour recentrer les élèves sur la tâche mathématique qui se perd d'autant plus facilement en salle

informatique !

Enfin nous nous demandons si nous ne devrions pas envisager un petit devoir maison pour préparer ces séances TICE et les rendre plus efficaces.

Se pose une dernière question : les acquis sont-ils durables ?

Notre devoir de géométrie dans l'espace a eu lieu 2 à 3 semaines après ces activités informatiques. Nous avons pu constater que des erreurs grossières de compréhension, corrigées ou revues lors de ces séances, ont disparu.

Néanmoins, il reste très difficile de mesurer l'efficacité de ces activités à long terme.

Extraits de l'entretien avec Florence : Documents fournis pour la deuxième séance de l'atelier

Comment avez-vous construit votre bibliographie ?

Je crois que c'est ce qui nous a pris le plus de temps. Déjà, j'ai été voir, le site de plein de personnes qui font de la recherche TICE dans les différentes académies. Puis j'ai envoyé des mails à 2 ou 3 personnes en leur demandant si elles avaient un site personnel où je pourrais trouver en ligne les travaux qu'elles avaient fait et je suis allée visiter un peu tout ce qu'ils avaient mis en ligne. Alors mon problème, c'était qu'il y avait beaucoup de choses en ligne au niveau TICE collège. Il y avait beaucoup de choses mises en ligne au niveau statistiques et puis, ce que j'ai vu en fait des TICE pour les secondes me paraissaient trop difficiles pour ma classe de seconde. […] Ensuite, comme on avait eu la réunion avec l'APMEP, j'avais demandé à la dame si je pouvais faire une demande pour récupérer les petits fascicules qui étaient sortis, il y a quelques années, là-dessus. Donc, j'avais récupéré 3 documents. J'avais fait une recherche Internet sur les livres et les articles sortis là-dessus et puis après, soit j'arrivais à me procurer les articles sur Internet, soit j'allais dans différentes bibliothèques pour me procurer les bouquins. Bon, et puis dans les bouquins de l'APMEP en fait, ils mettent leurs références aussi à la fin quand ils font des recherches donc quand il y avait vraiment des choses qui m'intéressaient, j'essayais de me procurer les bouquins qu'il y avait à la fin. Enfin, mes recherches, j'ai dû les commencer en novembre puisque je savais déjà que je voulais faire ça. Novembre, décembre, janvier, février, j'ai fait que des recherches et des lectures, j'ai passé 4 mois à lire pas mal de chose.

Quelle analyse fais-tu maintenant de ton travail sur les TICE suite à ton expérience de mémoire ?

Je pense que les TICE, c'est un gros investissement. Mais, alors après je ne sais pas si on peut vraiment percevoir l'apport dans une classe qui tourne bien en cours traditionnel. Moi j'ai une classe qui a des difficultés en mathématiques donc je vois l'apport, je vois que les élèves qui rament d'habitude là s'en sortent bien, font des efforts, réclament de retourner en séance informatique, réclament la correction alors que généralement c'est pas le genre de chose qu'ils réclament. Après, je me pose quand même la question : finalement si on les faisait aller tout le temps et toute leur scolarité sur séance informatique, est ce que finalement ils gagneraient autant ? Mais je suis persuadée que mes séances informatiques seraient plus efficaces si les élèves étaient plus habitués.

Et ta vision de l'utilisation des TICE, est ce qu'elle a évolué ?

Je croyais pas du tout que ça pouvait avoir cet impact-là. Pas du tout parce que je pense que quand on est prof de maths, on n'a pas eu suffisamment de difficultés en mathématique pour saisir que des fois il faut passer par autre chose. […] Et puis c'est aussi une grosse remise en question sur la manière de concevoir le cours, je trouve que ça permet de se rendre compte de beaucoup de choses : ils font des erreurs qu'il n'est pas possible de faire avec du papier-crayon. […] Et puis la préparation, on prépare pas du tout de la même manière, donc là encore il y a une remise en question sur comment on va enseigner et le problème, enfin non la chance, c'est que c'est le genre de séance à laquelle on est vraiment obligé de réfléchir : on peut pas se pointer un matin et dire « tiens aujourd'hui, je vais faire une séance TICE ». Cette séance là, elle doit être vraiment préparée très minutieusement[…]

Maintenant on va en arriver au rôle de ton directeur de mémoire : quel a été son rôle dans la conception de votre travail ?

Déjà on lui a demandé un peu… Disons, on ne savait pas exactement les proportions d'un mémoire, comment ça se passait donc on lui a présenté un peu ce qu'on avait voulu trouver en recherche et ce qu'on comptait mettre en partie « théorique ». Donc il nous a dit que c'était ce qu'on attendait.

Ça se passait à quel moment ?

C'était à la fin février quand on avait vraiment feuilleté pendant 4 mois tout ce qu'on avait trouvé, on avait commencé à rédiger un peu ce qu'on avait, ce qu'on pensait mettre dans le mémoire. On avait la partie théorie et en même temps, on lui avait présenté 4 TICE qu'on venait de faire. […] Il a dit que ça allait ensuite on est venu le voir pour comment analyser nos séances. […] On lui avait fait lire quelques analyses *a posteriori* pour qu'il nous dise si c'était suffisamment riche et si on n'était pas resté trop en surface. Et puis ouais, par exemple j'aurais voulu lui demander, mais je ne l'avais pas fait, si mon 2ème TICE était valable ou trop difficile. Je me

suis dit que de toute façon même si je me cassais la figure avec le 2ème TICE c'était pas un mal quoi, au moins j'aurais analysé pourquoi je me cassais la figure avec un TICE et peut-être finalement trouver des règles entre guillemets ou des conditions à respecter si je veux faire que mon TICE marche quoi.

En ce qui concerne la définition de la problématique de votre mémoire est ce qu'il a joué un rôle ?

Au départ on voulait seulement faire les TICE et là il nous a dit « vous vous rendez pas compte les TICE c'est énorme ». Et en fait, on s'en est rendu compte après. […] Lui il nous avait dit « Attention, essayez de raccourcir, enfin de cibler encore plus votre problématique ».

D'accord. Est-ce que tu penses que ton directeur t'a beaucoup aidée, moyennement aidée ? Enfin comment estimes-tu l'aide qu'il t'a apporté ?

Disons qu'à aucun moment il n'a pas répondu à mes attentes : moi j'ai pas de problèmes de rédaction donc j'attendais pas à ce qu'il se mette sur la rédaction de mon mémoire. Ouais j'attendais vraiment à ce qu'il me dise : « Est-ce que mon analyse est pertinente ? Est-ce que je vais suffisamment en profondeur ou est ce qu'il faut que je détaille encore ? ». Donc voilà, là dessus, il nous a vraiment bien accompagnés. Et quand on lui a demandé des références ou de nous trouver des bouquins qu'on arrivait pas à avoir, il était fort disponible et il arrivait assez facilement à nous procurer ce qu'on voulait.

Est-ce que la formation TICE que tu as reçue à l'IUFM a eu des influences sur tes pratiques en classe ?

C'est elle qui m'a confortée dans le fait de vraiment choisir les TICE. Parce que moi les logiciels je les connais pas donc ça m'aurait demandé encore plus de boulot de me former déjà moi-même sur les logiciels. Disons, quand je suis sortie de la journée où avait fait Géoplan et Géospace, j'étais vraiment sûre que c'était ce que je voulais en faire. Et puis la formation IUFM là-dessus elle est suffisamment poussée pour que moi quand je pénètre dans ma classe après en me disant : « je vais faire un TICE ». J'ai pas peur de ce qui pourrait se passer en incident technique avec le logiciel. C'est clair que ce qu'on a fait à l'IUFM c'est vraiment ce qui m'a décidé à le faire.

Et pour terminer donc par rapport à tes pratiques en TICE cette année, quel a été le rôle de tes conseillers pédagogiques

Ni l'un ni l'autre ne font des TICE. En stage de pratique accompagnée, rien que d'utiliser le rétro c'était vraiment… Il avait vraiment des classes très traditionnelles : une propriété, on fait un exercice, une propriété, on fait un exercice… En même temps il avait des classes internationales qui ne demandaient pas trop. Le conseiller pédagogique de stage en responsabilité, il est venu tester mon premier TICE avec moi. Mais il m'a pas trop aidée là dessus […] Et puis le problème c'est qu'il a été formé, comme il dit, à l'ancienne école, enfin ça c'est lui qui le dit, et il est pas très TICE. […] Quand il nous voyait faire nos TICE il trouvait ça bien mais d'un autre côté il se sentait pas capable de gérer sa classe en TICE […].

Donc quelle a été ta relation justement avec les autres collègues du terrain par rapport aux TICE ?

Ma relation, ça a été le plus avec le responsable informatique, parce qu'il avait une classe de 2nde. C'est lui qui a fait le même TICE que moi en géométrie dans l'espace et qui me l'a montré après.[…] Enfin quand je lui demandais de m'installer quelque chose dans telle classe pour tel jour ou donner accès à mes élèves, tout de suite je l'avais dans l'heure qui suivait.

Et avec les autres stagiaires de l'IUFM, est-ce que tu as travaillé ?

Non j'ai pas travaillé beaucoup. En fait j'en ai parlé avec d'autres, mais en fait les autres ont fait des TICE avec leurs classes de stages de pratique accompagnée. Mais enfin j'ai vu ce qui se passait chez les 4ème,3ème. Comment ils faisaient de la géométrie basique de parallélogramme, des choses d'angles interne-externe enfin pas mal de choses. C'est là que je me suis vraiment rendu compte que de commencer dans les petites classes, c'était vraiment important en fait. Mais j'ai pas vu beaucoup d'autres TICE, ni parler avec beaucoup d'autres personnes à propos des TICE en classe de 2nde préparées avec de que nous on avait fait.

CLAIRE CAZES, FABRICE VANDEBROUCK

USAGE DE BASES D'EXERCICES EN LIGNE AU LYCEE

Abstract: This workshop reports on the use of specific digital resources: E-Exercise Bases (EEB). Results stem from observations of several teaching designs organised in different French high schools. The theoretical frameworks involved are activity theory and didactic of mathematics. We successively examine students' activity and teachers' activity. The results permit to identify and discuss some examples of productive and constructive activity for students as well as for teachers.

INTRODUCTION

Le but de cet atelier est l'étude de l'usage de ressources numériques particulières, à partir de comptes rendus d'observations réalisées en classe ordinaire de lycée. Après avoir précisé le type de ressources numériques utilisées, les interrogations liées et les cadres théoriques convoqués pour répondre à ces interrogations, nous exploiterons quelques comptes rendus d'observations pour étudier l'activité des élèves en classe sur ces ressources (atelier 1) et l'activité des professeurs intégrant ces ressources dans leurs pratiques (atelier 2).

Les ressources numériques auxquelles nous nous intéressons dans cet atelier sont des bases d'exercices en ligne (BEL). Ce sont des ressources en ligne élaborées à des fins d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. Elles sont constituées d'exercices organisés selon un ou des classements. A chaque exercice est associé un environnement qui peut comporter des aides de différents types, des outils (graphiques, calculatrices…), du cours, mais aussi des analyses de réponses ou la solution complète de l'exercice. Un enregistrement plus ou moins précis du travail de l'élève (fichier de traces) peut également être disponible pour le professeur. De tels produits, libres ou non, existent pour tous les niveaux scolaires, du CM1 à la maîtrise de mathématiques au moins. Ils peuvent différer grandement suivant leur structure didactique, le type de réponse acceptée ou le type d'interactivité élaborée. Les BEL constituent donc une ressource pour les élèves dans leurs apprentissages, tout comme pour les professeurs dans leurs enseignements, au même titre que les manuels par exemple.

Les BEL sont de plus en plus nombreuses. Pourtant, alors que l'étude de l'usage des technologies dans l'apprentissage des mathématiques constitue un champ de recherche extrêmement fécond, il existe très peu de travaux spécifiés à l'usage des bases d'exercices. La plupart des articles consacrés aux mathématiques et aux TICE concernent les micromondes ou les CAS (Computer Algebra Systems). Souvent, il s'agit, en outre, de concevoir et d'expérimenter une situation didactique. Dans de telles situations, le milieu, au sens de Brousseau, inclut l'outil TICE et est en général résistant, produisant des contradictions, des difficultés qui peuvent permettre l'apprentissage de l'élève. Au contraire, les bases d'exercices constituent des milieux alliés qui cherchent à accompagner l'apprenant. Ainsi les bases d'exercices diffèrent des produits le plus souvent étudiés et l'activité mathématique développée par les élèves utilisateurs n'est pas la même. Si bien que les résultats de recherche ne sont pas transférables d'une technologie à l'autre. Enfin, la problématique du chercheur est également différente. Dans le premier cas, il s'agit souvent de proposer une situation didactique et d'étudier son fonctionnement, tandis que dans notre cas, il s'agit d'analyser qualitativement l'utilisation des bases d'exercices en classes ordinaires et d'en tirer des informations sur l'activité des étudiants et des enseignants avec ces outils.

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 21 – 118.

Des conséquences positives de l'emploi des bases d'exercices ont déjà été observées dans certaines recherches. Ruthven et Henessy (2002) ont par exemple effectué une vaste étude sur l'emploi des TICE dans l'enseignement des mathématiques en Angleterre. Ils notent que les produits de type « drill and practice » (exerciseurs), qui sont des bases d'exercices particulières, permettent un travail adapté au rythme de chaque élève, ainsi qu'un accroissement de la motivation de ces élèves. Cependant, il nous semble important de poursuivre des investigations plus précises afin de déterminer les apports, les limites et les contraintes de l'utilisation des bases d'exercices en classe de mathématiques. Les questions générales qui se posent sont les suivantes : de quelle manière les bases d'exercices sont elles utilisées ? Dans quel but ? Avec quel effet sur l'apprentissage des élèves ? Quels sont les enseignants qui les utilisent et pour quels types de classes, quels types d'élèves, quels types de notions, quels types de tâches ? Y a-t-il une évolution chez les enseignants dans leurs choix d'utilisation ? Y a-t-il une demande des enseignants pour faire évoluer les bases d'exercices ou au contraire une méfiance de leur part face à ces nouveaux produits ? Une formation est-elle nécessaire pour faciliter leur utilisation ? En quelle manière l'usage d'une BEL influence-t-il le travail global de l'enseignant ?

En 2003, la région Ile-de-France a pris l'initiative d'un projet visant à proposer aux trois académies de l'Ile-de-France une expérimentation de l'usage de BEL afin d'en évaluer l'impact et l'efficacité en tant que soutien à l'action pédagogique en mathématiques. Le niveau visé était la classe de seconde et les établissements concernés devaient se situer dans des zones socialement défavorisées dont les élèves disposent a priori de moindres ressources que ceux de milieux plus aisés. Elle a souhaité que ce projet fasse l'objet d'un suivi et d'une évaluation universitaires, complémentaires de celle menée par les inspections régionales de mathématiques des trois académies. C'est le groupe TICE de l'IREM Paris 7[7] qui a été chargé de ce suivi. Les résultats présentés ici s'appuient sur le travail de ce suivi, en particulier sur les observations menées lors des visites de classes. On trouvera davantage de détails dans Vandebrouck (2008) et sur le site du projet région http://pcbdirem.math.jussieu.fr/SITEscore/Compterenduobs.php

1. CADRE THEORIQUE : PROBLEMATIQUES LIEES DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE DES ELEVES ET DE CELLE DES PRATIQUES ENSEIGNANTES

L'atelier ne prétend pas permettre de répondre à l'ensemble des questions listées plus haut. Cependant, dans le cadre du thème 2 de cette école d'été, il est pertinent de s'intéresser à la manière dont élèves et professeurs s'approprient (collectivement) ces ressources pour en faire des documents suivant l'équation proposée par Gueudet et Trouche (ce volume)

Document = ressources + usages + invariants opératoires

Il sera cependant difficile, malgré les comptes rendus d'observation dont nous disposons, de faire émerger des invariants opératoires. Seuls des usages seront vraiment mis en évidence.

Nous reprenons tout d'abord les éléments de la conférence de Folcher (ce volume) auxquels nous sommes particulièrement sensibles dans cet atelier. Sa conférence est développée sur la théorie de l'activité, dans une lignée de chercheurs (Pastré, 2005 ; Rabardel, 1999 ; Vergnaud, 2002) engagés à la suite de Léontiev (1984) et Vygotsky (1934). Elle s'appuie sur deux notions clés : celle de sujet (pour nous un sujet élève ou un sujet enseignant) et celle de situation (pas dans le sens de la théorie des situations didactiques de Brousseau (1998) mais dans le sens plus naïf où « l'activité humaine est située »). Elle s'intéresse à un sujet individualisé et permet de rechercher, de manière dialectique et compte

[7] En particulier en 2005-2006 Maha Abboud-Blanchard, Michèle Artigue, Pablo Carranza, Claire Cazes, Mariam Haspekian, Françoise Hérault, Daniela Lucas, Fabrice Vandebrouck et Odile Viegas.

tenu des situations, des invariants et des spécificités dans les relations entre le sujet et son activité.

La théorie de l'activité différencie par ailleurs tâche et activité, qui sont respectivement « du côté de la situation » et « du côté du sujet ». La tâche est ce qui est à faire, le but qu'il s'agit d'atteindre sous certaines conditions (Léontiev, 1984). L'activité est ce que développe le sujet lors de la réalisation de la tâche. Elle est finalisée et motivée : le sujet vise des buts d'action et les mobiles de son activité sont le moteur de ses actions.

L'activité est enfin à la fois productive et constructive (Samurçay et Rabardel, 2004). Par ses actions, le sujet modifie la situation (de façon matérielle ou symbolique) et se transforme aussi lui-même, en ce sens qu'il se construit des connaissances. Bien que distinctes, activité productive et activité constructive sont indissociables et entretiennent une relation dialectique ; selon cette théorie, il n'y a en particulier pas d'activité constructive sans activité productive.

La théorie de l'activité vise ainsi l'analyse des processus en jeu chez le sujet agissant, processus par lesquels son activité évolue et par lesquels le sujet se développe. On sera donc sensible dans notre atelier au développement des usages des BEL, aussi bien du côté des élèves qui apprennent des mathématiques que des enseignants qui intègrent ces outils dans leurs classes.

1.1 Le schéma de double régulation de l'activité

Le schéma suivant de double régulation de l'activité n'apparaît pas explicitement dans le cours de Folcher mais il nous permet de mieux comprendre comment se joue l'équation :

Document = ressources + usages + invariants opératoires

Tout d'abord, la notion de régulation renvoie à la dynamique de l'activité et au fait que l'action (ce qui rejoint « l'utilisation » au sens de Gueudet et Trouche) modifie aussi bien l'état de la situation (résultats de l'activité productive, boucles externes) que l'état du sujet qui agit (effets de l'activité constructive, boucles internes). L'action qui suivra portera donc sur des états différents. Il y a donc une double régulation de l'activité dans la mesure où l'activité est liée à un double système de déterminants, relevant d'une part de la situation (la tâche et son contexte) et d'autre part du sujet lui-même (ses compétences, son état physique et psychique…).

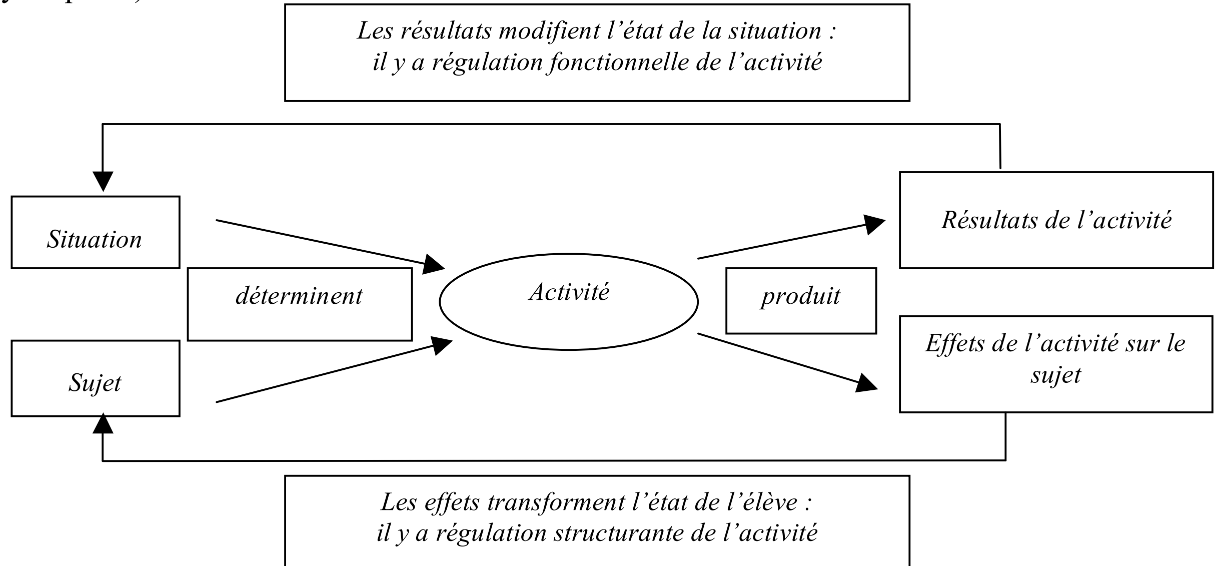


***Figure 1.** – Schéma de la codétermination de l'activité et de la double régulation de l'activité (d'après Leplat, 1997)*

1.2 La situation de l'élève et la situation du professeur

Dans le cas d'un élève travaillant en autonomie sur une BEL, la situation est liée à un exercice proposé par la ressource et en particulier à une tâche prescrite, avec son environnement logiciel (contexte). Le schéma de double régulation de l'activité nous paraît spécifiquement pertinent dans ce cas. En effet, les scénarios d'usage des ressources prévoient que les élèves refassent plusieurs fois les mêmes exercices avec des variantes numériques ou fassent parfois des séries d'exercices similaires. L'évolution des résultats de l'activité productive au fil des boucles peut ainsi s'observer et s'interpréter en terme d'activité constructive, les usages des ressources par les élèves se constituant en interaction avec d'autres outils (manuels, cours manuscrits, professeur…) pour leur permettre d'apprendre des mathématiques.

Pour analyser les tâches mathématiques et l'activité potentielle des élèves qu'elles sous tendent, les outils d'analyse développés par Robert (1998) sont importés. Nous retenons essentiellement la nature des mises en fonctionnement de connaissances (Robert, 1998 ; Robert et Rogalski, 2002) : les connaissances mathématiques à appliquer doivent-elles être disponibles ou bien sont-elles explicitement appelées par l'énoncé ? Les tâches appellent-elles des applications immédiates de ces connaissances ou bien y a-t-il au contraire des adaptations à effectuer (reconnaissances des modalités d'application, introduction d'intermédiaires, d'étapes, mélanges, mises en relations…) ? Les recherches précédentes ont amené l'idée que les exercices d'application immédiate des connaissances explicites, bien qu'insuffisants, apparaissent nécessaires à l'apprentissage et que, de plus, celui-ci est visible sur un temps court. Les bases d'exercices peuvent ainsi contribuer à favoriser chez les étudiants les moments de routinisation (à rapprocher « du travail de la technique » en Théorie Anthropologique du Didactique, Chevallard (2002)) liés à l'apprentissage de nouvelles connaissances et pour lesquels une quantité critique d'exercices doit être exécutée. Idéalement, chaque étudiant peut ainsi atteindre sa quantité critique personnelle, à son propre rythme, par le travail sur des bases d'exercices. Il faut cependant enquêter davantage sur les étudiants qui, dans une logique d'action, comme on le verra plus loin, uniquement, s'attardent trop sur ces exercices.

Nous prenons également en compte, dans nos analyses des situations élèves, l'environnement logiciel des tâches, c'est-à-dire tous les indices externes ou facteurs instrumentaux qui peuvent constituer des aides ou non à la réalisation des tâches. Les résultats de l'activité « productive »[8] des élèves sont observés à travers les réponses implémentées par les élèves sur les machines. En particulier, les rétroactions du logiciel, aussi bien que les aides du professeur quand il y en a, nous fournissent les données concernant les modifications des situations dans les boucles de régulations.

Dans le cas du professeur, l'activité est également déterminée par la situation d'enseignement, dont fait partie l'outil informatique mais dans laquelle apparaissent aussi l'institution, le contexte social, la communauté des enseignants et encore les élèves. L'activité du professeur est également déterminée par le sujet lui-même, par ses conceptions et ses représentations. Robert et Rogalski (2002) ont spécifiquement développé et étudié ce système de déterminants dans leur double approche didactique et ergonomique des pratiques enseignantes, en introduisant les composantes institutionnelles, sociales et personnelles des pratiques.

[8] La terminologie d'activité productive provient toujours du champ de la didactique professionnelle mais peut s'entendre pour l'élève de façon plus naïve, au sens où l'activité de l'élève produit des résultats : réponses numériques, implémentation… d'où les guillemets ici.

Conformément à cette double approche, l'analyse de l'activité de l'enseignant en séance BEL permet d'alimenter notre connaissance des composantes cognitive et méditative de sa pratique, sans pour autant permettre de les décrire entièrement. Il s'agit ici de situations d'innovation qui se différencient des situations de classe ordinaires où sont généralement mises en évidence la cohérence et la stabilité des pratiques enseignantes (Robert et Rogalski, 2002). Cohérence et stabilité de la pratique d'un enseignant se conjuguent à l'évolution de son activité au fil des situations de classe. Elles ne signifient pas invariance de l'activité enseignante. L'activité évolue avec le temps mais c'est toujours le même sujet qui enseigne, indépendamment des situations (type de séance, niveau d'enseignement…). C'est en cela que les pratiques enseignantes sont stables, qu'il est pertinent d'étudier les usages des BEL qui se constituent et qu'une nouvelle question de recherche émerge, qui est d'interroger la robustesse de ces usages dans une perspective de formation à des pratiques.

1.3 Les temporalités de la régulation

Activité productive et activité constructive n'ont pas le même empan temporel. L'activité productive s'arrête à la fin de la réalisation de la tâche alors que l'activité constructive peut continuer bien au-delà. Il existe ainsi des boucles de régulation à différentes échelles de temps :

- à court terme : c'est le temps d'un épisode dans une séance. Dans le cas de l'étude de l'activité d'un élève, un épisode est défini par une tâche prescrite à cet élève et correspond au temps de sa réalisation. Dans le cas du professeur, un épisode dans la séance est défini par une situation d'échange, de dialogue avec un élève, un groupe d'élèves ou la classe entière. Ce temps court de l'action ne sera pas analysé en profondeur pour notre problématique. D'une part, les effets de l'activité enseignante sur les élèves sont trop limités à cette échelle pour pouvoir être interprétés en terme d'apprentissage ou non. D'autre part, les régulations de l'activité enseignante se font en temps réel. Les effets de son activité constructive sur l'enseignant lui-même semblent trop réduits pour qu'il puisse en être conscient et les réinvestir (Rogalski, 2000) ;
- à moyen terme, le temps d'une séance ou d'une séquence (succession de plusieurs séances portant sur une même notion) : à ce niveau, les boucles de régulation commencent à intégrer des effets sur le sujet enseignant. Par exemple, l'enseignant peut se rendre compte au fil de la classe de difficultés récurrentes d'élèves dont il n'avait pas conscience et modifier le cours de sa séance en faisant des rappels ou des mises en relations non prévues initialement. Du point de vue des élèves, les régularités observées dans l'activité enseignante peuvent a priori permettre d'inférer aussi quelques effets sur leurs apprentissages ;
- à long terme : cette échelle est la plus pertinente du point de vue des effets sur les élèves et des effets de son activité constructive sur l'enseignant lui-même. En particulier des genèses d'usage des BEL peuvent être observées, tant du côté des élèves que du côté des enseignants. A cette échelle, on peut aussi parler de genèses documentaires au sens de Gueudet et Trouche, c'est-à-dire l'élaboration par les sujets élèves et les sujets professeurs de schèmes d'utilisation des ressources à des fin d'apprentissages des mathématiques pour les premiers et d'enseignement pour les second. Dans le cas plus spécifique des enseignants, la question émergente évoquée plus haut, difficile, est de comprendre comment la constitution des usages, liée aux effets de l'activité constructive, peut entrer en cohérence avec les pratiques globales, en terme des cinq composantes de la double approche notamment.

1.4 La question de l'apprentissage des élèves et du développement des pratiques enseignantes

Dans notre cadre, les tâches appelant à des adaptations de connaissances sont entendues comme favorisant l'activité constructive des élèves. En effet, si la situation ne nécessite pas

d'adaptations des connaissances de l'élève, l'activité « productive » occupe presque tout le paysage, sans générer beaucoup d'activité constructive. Mais quand le sujet ne dispose pas d'une procédure directement accessible pour maîtriser la situation et qu'elle pose véritablement problème à l'élève, celui-ci doit développer une activité constructive, et en particulier se créer ou conceptualiser de nouvelles connaissances (Vergnaud, 2002). La question de l'apprentissage et des régulations structurantes sur le long terme est cependant encore plus complexe. Elle met en œuvre la répétition de l'action (l'exercice au sens premier du terme) dans des situations d'une même classe mais aussi des variables aux mains des enseignants telles que les dynamiques entre phases d'exercices et expositions de connaissances ou l'ordre et le types de situations proposées (scénario global).

Toutefois, outre le fait que l'apprentissage de l'élève soit lié à son activité constructive, on peut dire qu'il a deux sens selon qu'il s'agit d'un apprentissage incident, non voulu, ou d'un apprentissage intentionnel. Dans l'apprentissage incident, l'élève apprend du simple fait qu'il agit. Le motif de son activité est le versant productif. L'apprentissage n'est qu'un effet, non voulu par l'élève, de son activité « productive ». Si l'élève, sur le temps moyen de l'action, développe toujours la même activité « productive » face aux mêmes situations, on peut penser qu'il y a au mieux un apprentissage incident. Le rôle du professeur est de favoriser l'activité constructive en enrôlant l'élève. Alors le motif de l'activité de l'élève devient son apprentissage. Dans les deux cas cependant, des usages se constituent en lien avec cet apprentissage.

L'activité constructive de l'enseignant est, quant à elle, celle qui modifie l'enseignant dans ses représentations personnelles et donc dans sa pratique d'enseignant. Dans le cas d'un professionnel en activité, on peut parler de développement, c'est-à-dire qu'il n'y a pas « simplement accumulation de connaissances mais qu'il y a une réorganisation des manières d'agir, de penser, de sentir » (Pastré, 2005). Au-delà des résultats de l'activité des enseignants en termes d'activité-élèves (leur activité productive), nous cherchons dans notre atelier à rendre compte des effets sur les enseignants de leur propre activité (leur activité constructive).

1.5 Dissymétrie des problématiques et des types de résultats

Il y a une dissymétrie des problématiques puisque si l'activité des élèves ne nous intéresse in fine que dans son versant constructif, l'activité des enseignants est analysée sur les deux versants (effets sur les élèves et effets sur l'enseignant lui-même). Dans les deux cas (élèves et enseignants), on cherche cependant à identifier des usages des BEL mais aussi des variabilités dans l'organisation de l'activité des sujets, compte tenu (ou non) des situations et de la singularité.

Du côté des élèves, la question de la consolidation des connaissances se décline d'une part en une question de disponibilité des connaissances (comment certaines connaissances peuvent-elles devenir disponibles par un travail sur une BEL ?) et d'autre part en termes d'adaptations : quelles adaptations de connaissances les élèves peuvent-ils franchir, au-delà des applications immédiates de ces connaissances ? On interroge les propriétés des situations en tant que permettant l'activité constructive, les effets de cette activité constructive étant appréciés en terme de disponibilité ou d'adaptabilité de connaissances mathématiques. On étudie l'activité possible des élèves compte tenu des situations d'enseignement proposées (sur des épisodes, on étudie les tâches et leur environnement). On confronte cette activité possible avec les résultats de l'activité « productive » (traces de l'activité effective) d'un élève à la fois (sur lesquels on recueille des informations). On intègre le déroulement des séances par l'étude des boucles externes (résultats de l'activité de l'élève observé, modification de la situation par les rétroactions logicielles, les aides éventuelles du professeur, des autres élèves…). Enfin, en fonction des modifications de situation, on étudie les régulations de l'activité et on les interprète en terme d'effets ou non sur le sujet lui-même. Les limites sont dues à la

temporalité puisqu'on ne met en évidence essentiellement que des phénomènes négatifs ou des phénomènes limités. Il faudrait intégrer le temps long (analyse de scénarios sur une séquence, en particulier l'articulation papier-crayon car il y a plusieurs niveaux d'analyse). Les résultats positifs sur des épisodes ou des successions d'épisodes (séances) sont les mises en évidences, chez certains sujets élèves, de connaissances qui semblent devenir disponibles ou d'adaptations qui semblent devenir possibles, avec des régularités afférentes dans l'utilisation des BEL, c'est-à-dire des « bouts » d'usages.

Du côté des enseignants, les questions se déclinent de la sorte : comment les professeurs choisissent-ils les exercices et construisent-ils les parcours pour les élèves ? Nous étudions pour répondre à cette question les feuilles de travail préparées pour les élèves, en recomposant les choix a priori de contenus, de tâches et de scénarios globaux. Cela alimente la composante cognitive de la pratique des professeurs étudiés. Comment les professeurs aident-ils les élèves en séances ? Nous recomposons ici les choix pendant les déroulements observés et cela alimente la composante médiative (toutes les aides pendant les déroulements). Y a-t-il des évolutions, notamment chez ces enseignants utilisant nouvellement les BEL, quelles sont les régularités et les variabilités compte tenu des contraintes et des marges de manœuvres permises par l'exercice du métier et compte tenu des personnalités (entretiens, réponses aux questionnaires) ? Enfin, comment s'articule l'activité d'enseignement en classe sur une BEL avec la pratique habituelle, y a-t-il inscription dans une cohérence ou bien recomposition ? On interroge donc d'une part l'activité productive en cherchant identifiant des régularité dans l'utilisation des BEL (régularités transversales aux composantes cognitives et médiatives de la pratique) avec les questions afférentes des effets sur l'activité des élèves. On étudie les évolutions de l'activité productive sur les temps courts, moyens ou dans la mesure du possible sur des temps long de l'action (épisodes, séances, séquences…) et on les interprète si possible en terme d'activité constructive liées au fait que l'enseignant fait face à une situation nouvelle pour lui : celle de l'intégration d'une BEL dans sa pratique. Les résultats sont la mise en évidence sur des temps moyens et longs d'usages partagés par les enseignants et de variabilités individuelles dans l'activité et dans les évolutions de celle-ci.

2. ACTIVITE DES ELEVES SUR LES BASES D'EXERCICES EN LIGNE

Les résultats globaux sur l'ensemble des élèves observés tout au long du projet région ont déjà donné lieu à des documents écrits et seront regroupées dans Vandebrouck (2008). D'autres travaux avaient déjà été publié pour des étudiants dans l'enseignement supérieur (Cazes *et al.*, 2006). Dans ces actes, nous souhaitons rendre compte, à partir de l'observation de deux élèves, Alice et Fanny, de la façon dont situation et élève peuvent co-déterminer l'activité qui se joue. Chacune des deux élèves ne développe en effet pas la même activité dans la même situation mais, à contrario, la situation, telle qu'elle est, fait que l'activité des deux élèves est sur un certain plan la même. Nous montrons également, à partir de l'exemple de ces deux élèves, combien les phases de régulation de l'activité autonome des élèves peuvent être difficiles sur la machine. Enfin, nous rendons compte, toujours à partir de ces deux exemples, d'effets de leur activité en termes d'apprentissages incidents et intentionnels des deux élèves, effets reliés à des usages spécifiques de la BEL.

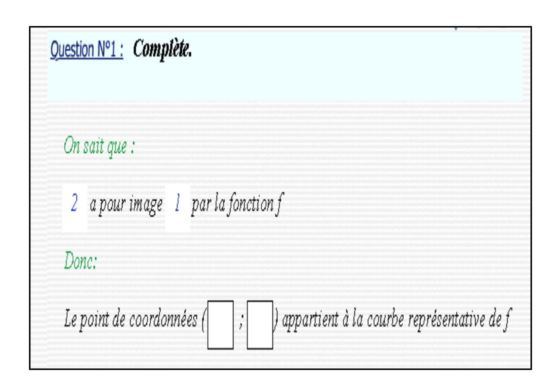
2.1 Eléments sur les deux élèves observées

Fanny et Alice sont deux élèves de seconde générale observées successivement pendant deux séances consécutives en demi groupe. D'après les informations données par le professeur, ce sont des élèves appliquées. Alice comprend en général assez bien mais oublie parfois d'une séance sur l'autre tandis que Fanny est une bonne élève qui n'apprécie pas le travail en séance

machine. Le cours sur les fonctions a déjà été fait dans l'année et les connaissances travaillées ici sont encore en cours d'acquisition, de sorte que toutes les mises en fonctionnement se font au niveau mobilisable. Les deux élèves travaillent sur le logiciel MathEnPoche[9] (« généralité sur les fonctions » → « valeurs (lecture) » → exercices 3, 8, 9…).

2.2 Analyse des situations et déroulements observés

L'exercice 3 commence par 5 QCM successifs qui sont des applications immédiates des connaissances algébriques sur les images et les antécédents. L'environnement facilite en outre le travail puisque il n'y a que deux choix possibles (écran de gauche dans la figure 2).



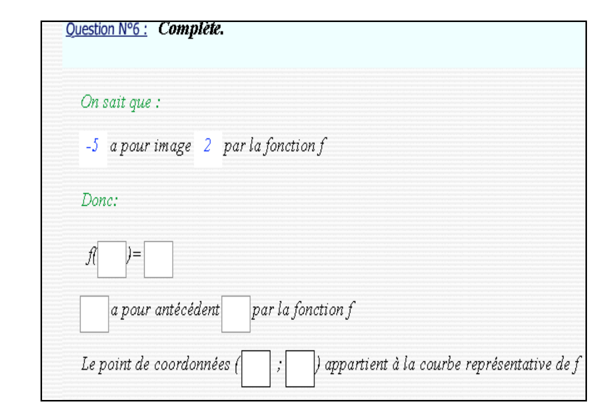


Figure 2. *– Exercice 3 : questions 1 à 5 à deux champs, questions 6 à 10 à six champs*

Alice répond correctement 3 fois. Les deux autres fois, elle confond « image » et « antécédent », reçoit un simple message d'erreur et rectifie au second essai : mais il suffit seulement d'inverser les réponses ! Le même exercice 3 se poursuit par 5 autres questions analogues à celle-ci (figure de droite, ci-dessus).

Ce sont les mêmes questions que précédemment mais il y a cette fois-ci six champs à renseigner. L'activité attendue n'est pas la même qu'à la question précédente puisqu'il y a un mélange de plus de deux registres d'écriture, ce qui constitue une adaptation supplémentaire. La stratégie qui consiste à répondre un peu au hasard et à rectifier éventuellement au second essai ne fonctionne plus car le logiciel ne signale pas l'emplacement des erreurs.
Alice comprend qu'elle ne peut pas se contenter de rectifier au deuxième essai si besoin est. Elle consulte donc son cahier de cours avant toute réponse et lit à mi-voix l'explication relative à « antécédent » et « image ». Elle répond alors correctement à la question. Elle refait cependant sa confusion à la septième et à la huitième question, consulte à nouveau son cahier et corrige. Elle refait encore l'erreur à la neuvième question et décide à ce moment d'appeler le professeur. Il lui explique immédiatement. Elle refait alors la dernière question sans erreur. Fanny, quant à elle, traite l'exercice 3 beaucoup plus vite ; il ne présente pas de difficultés pour elle et elle l'effectue sans erreur.

Les élèves poursuivent leur activité par l'exercice 8.

[9] http://mathenpoche.sesamath.fr

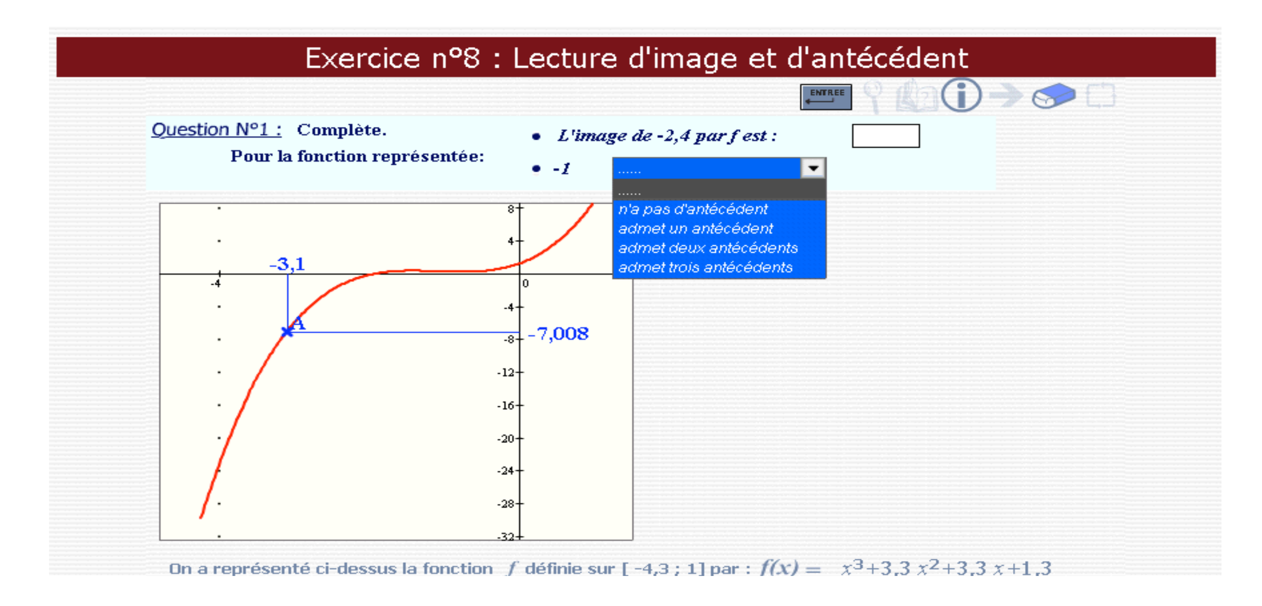


***Figure 3.** – Exercice 8 : lecture d'images et d'antécédents*

Dans cette nouvelle situation, une fonction étant donnée par son expression algébrique et une courbe représentative. Il s'agit pour les élèves de déterminer l'image d'un nombre et le ou les antécédents s'ils existent d'un autre nombre. Il y a une série de 5 questions successives du même type. Les fonctions considérées sont des fonctions aléatoires polynomiales du premier, second ou troisième degré, à coefficients décimaux avec au plus un chiffre après la virgule, définies sur un intervalle. La valeur de l'image est à taper dans un cadre. Pour le ou les antécédents, un menu déroulant (cadre bleu) permet de choisir la réponse. Suivant le choix effectué, un ou plusieurs cadres s'affichent pour rentrer la ou les valeurs. Un point A mobile sur la courbe permet de lire les valeurs demandées. On notera que lorsqu'il y a plusieurs antécédents, l'outil ne permet pas de les visualiser simultanément. Il faut donc penser à ne pas s'arrêter à la première valeur trouvée. L'activité attendue est de déplacer le curseur afin de lire graphiquement des images et des antécédents. Il s'agit donc de travailler uniquement dans le cadre graphique et d'appliquer de façon immédiate les connaissances du cours. Le choix du cadre de travail est donc forcé et ce cadre n'est pas dans le contrat didactique habituel de l'élève. En outre, l'environnement qui oblige à manipuler le curseur complexifie la tâche proposée.

La première courbe proposée à Alice est la courbe représentative de la fonction *f* définie par $f(x)=x^2-4$. Il faut déterminer l'image de 1,2 et le ou les antécédents de - 7 s'ils existent. En accord avec le contrat habituel de travail, Alice calcule algébriquement l'image de 1,2. Cette démarche est renforcée par le fait que le polynôme de degré 2 est un polynôme qu'elle peut traiter algébriquement facilement. Pour la recherche de l'antécédent, Alice observe tout de suite sur le graphique qu'il n'y en a pas car la valeur -7 est relativement loin du minimum de f. Alice valide sa réponse, reçoit un message de félicitation. Elle ne trouve pas l'exercice très intéressant et passe à l'exercice 9 (figure ci-dessous).

La première courbe proposée à Fanny est celle de la fonction *f* définie par $f(x)=x^2-5,19$. On lui demande l'image de 0,2 et le ou les antécédents de -4,7 s'ils existent. Fanny calcule également algébriquement l'image de 0,2 mais éprouve des difficultés à mener son calcul pour trouver les antécédents de -4,7. Il y a des adaptations liées à la présence du nombre décimal. L'enseignante passe à proximité de Fanny qui l'interpelle (« c'est pas clair pour trouver l'antécédent ! »). L'enseignante lui montre comment bouger le point A pour obtenir l'affichage des coordonnées de points sur la courbe. Fanny se saisit immédiatement de cette méthode instrumentée, répond correctement et enchaîne ensuite avec succès les 5 exercices de

la série en procédant par la méthode graphique pour la recherche des antécédents comme pour celle des images.

Dans l'exercice 9, enfin, une représentation graphique de fonction est donnée sur un intervalle et il s'agit de résoudre graphiquement une équation de la forme *f* définie par $f(x)=\alpha$, α étant un nombre décimal avec au plus un chiffre après la virgule. Il y a suivant les cas 0, 1, 2 ou 3 solutions. Il s'agit donc toujours de mettre en fonctionnement de façon immédiate des connaissances de la classe de seconde mais cette tâche est à nouveau complexifiée par l'environnement. En effet, il faut dans chaque épisode déplacer le curseur rouge sur la courbe, ce curseur étant initialement placé au dessus de l'origine. Cependant, contrairement à l'exercice précédent, le curseur ne peut pas se piloter avec la souris, les coordonnées du curseur ne s'affichent pas et c'est à l'élève de faire les lectures de coordonnées. C'est à nouveau une série de 5 questions du même type de tâche puis 5 autres du type $f(x)=g(x)$.

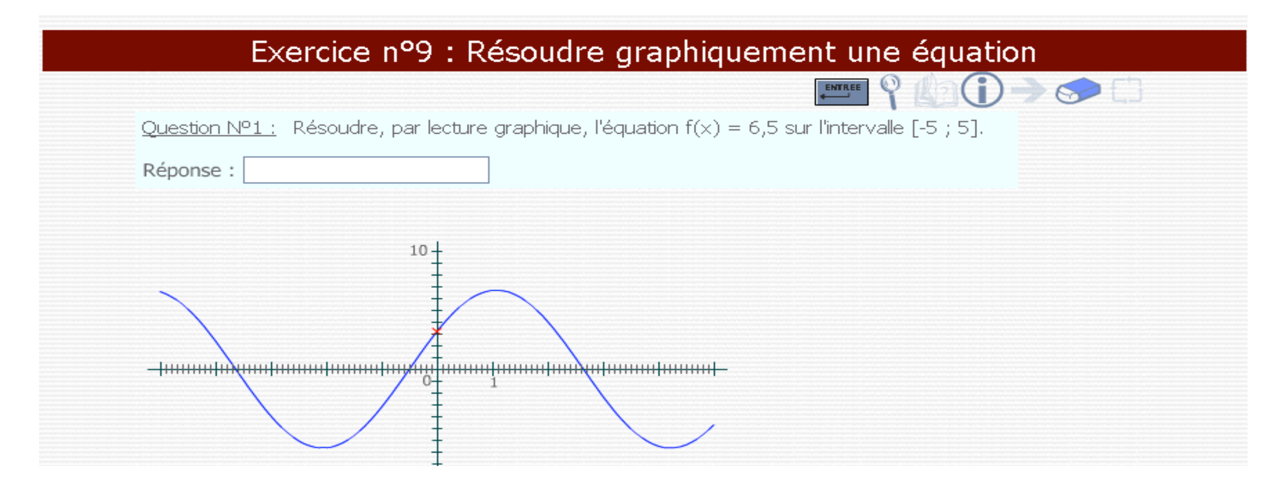


Figure 4. *– Exercice 9 : lecture d'images et d'antécédents*

Alice ne pense toujours pas à utiliser le curseur mobile car elle n'a pas eu l'occasion de le faire dans l'exercice 8. Mais cette fois ci, il n'est pas possible de travailler algébriquement. Elle essaie donc d'estimer la réponse et donne successivement deux valeurs insuffisamment précises mais cohérentes. Fanny, qui avait été aidée par l'enseignant pour l'exercice 8, hésite un petit moment puis repère le curseur rouge et comment le faire bouger. Puis, elle trouve en général les bonnes réponses avec le curseur.

L'exercice 9 comporte une aide en ligne proposée après deux erreurs et sur laquelle est aiguillée Alice. Deux types d'aides sont disponibles. Elles sont toutes les deux sur le plan mathématique : sur la résolution d'équations du type « $f(x)=k$ » et sur la résolution d'équations du type « $f(x)=g(x)$ ». L'élève doit choisir l'aide qu'il veut recevoir. Alice hésite entre les deux propositions d'aides qui lui sont faites et finalement les lit toutes les deux. En fermant l'aide, elle revient sur l'écran qui lui propose les deux types d'aides et relance à partir de là l'exercice 9. Elle ne voit donc pas la correction à laquelle elle aurait eu accès en fermant l'écran aux deux propositions. Pas plus avancée pour cette deuxième question, elle appelle l'enseignante qui lui montre l'utilisation du curseur ainsi que le bouton « i » permettant d'obtenir des informations sur l'exercice. Alice s'engage alors correctement dans l'activité attendue. Cependant elle n'atteint jamais la fin de l'exercice car, comme la première fois, après deux erreurs successives sur certaines des questions, elle relance l'exercice au début à cause d'une erreur de manipulation du logiciel.

Fanny, quant à elle, s'est vu expliquer le maniement du curseur par l'enseignante à l'occasion de l'exercice 8. Elle n'a a priori pas de problèmes pour l'exercice 9. Pour sa question 3, elle tombe cependant sur une sinusoïde et l'équation « $f(x)=4,5$ » qui a trois solutions. Fanny oublie ici l'une des solutions et fournit successivement deux réponses fausses : -1,5 et 4,8 puis

-0,5 et 4,8. Elle est orientée vers l'aide et se voit proposer les deux aides associées à l'exercice. Elle dit : « j'en veux pas de ces aides ! ». Comme l'enseignante passe, elle lui demande « comment je fais pour supprimer ça ? ». L'enseignante lui montre alors le bouton rouge de fermeture de l'aide. Fanny clique et se retrouve alors avec la correction (ce que n'avait pas réussi à faire Alice). Cependant, Fanny voit les valeurs affichées comme solutions à l'équation avec deux décimales et c'est ce qui attire son attention. Elle attribue en conséquence son erreur, non pas au fait qu'il lui manque une solution, mais au fait qu'elle n'a pas pu trouver toutes les décimales puisqu'elle n'a pas réussi à se servir de la « loupe » du logiciel.

2.3 Analyse des cycles d'activité (boucles de régulations)

Cette succession de situations à laquelle sont confrontées Alice et Fanny nous montre un certain nombre de phénomènes qui peuvent être analysés à partir du schéma de double régulation de l'activité.

Il y a tout d'abord des décalages manifestes entre l'activité attendue des élèves compte tenu des situations et leur activité réelle. C'est particulièrement vrai dans l'exercice 8, où la tâche proposée est la même que dans l'environnement papier-crayon mais pas l'activité attendue. Les élèves ne développent pas l'activité attendue parce qu'elles ne comprennent pas qu'on attend d'elles la manipulation du curseur. En outre, les expressions algébriques sont données par le logiciel et cette donnée ne favorise pas le travail graphique. Enfin, les expressions aléatoires sur lesquelles tombent Alice et Fanny sont de degré 2, ce qui ne les décourage pas de chercher algébriquement. Ce ne serait sans doute pas le cas si les expressions étaient systématiquement plus compliquées ou du troisième degré.

Alice entre une réponse correcte et obtient une rétroaction validant sa réponse mais n'expliquant pas la procédure attendue. Elle n'a donc aucun indice lui permettant de déceler le décalage entre le travail qu'elle a fourni et celui qui était attendu. On peut se demander ce qui lui fait abandonner l'exercice. Elle a sans doute inconsciemment l'impression de « passer à côté » mais pas au point de demander de l'aide. Son activité à l'exercice 8 n'est ainsi pas régulée. Du coup, Alice ne peut pas entrer correctement en activité dans l'exercice 9 car elle ne sait pas qu'on peut manipuler le curseur. Fanny, en difficulté dès l'exercice 8 et peut-être aidée par son regard critique vis-à-vis du travail avec un logiciel, appelle quant à elle le professeur qui régule rapidement. D'elle-même Fanny sait ainsi s'adapter à la situation de l'exercice 9.

La difficulté des régulations de l'activité lorsqu'un élève se trouve en autonomie sur une BEL est également mise en avant avec ces deux exemples. Par exemple, Alice dans l'exercice 8, n'a aucun indice lui permettant de déceler le décalage entre le travail qu'elle a fourni et celui qui était attendu. De la même façon dans l'exercice 9, les aides lui rappellent la méthode mathématique de résolution alors que son problème est le maniement du curseur. On peut encore l'observer chez Fanny qui a très bien compris aussi la tâche mathématique de l'exercice 9 mais qui s'énerve contre l'aide (« j'en veux pas de ces aides ! ») car il lui manque simplement l'une des solutions. Ceci étant, quand bien même les feedbacks de la machine sont bien adaptés à l'activité, la prise d'information peut ne pas être suffisante pour permettre de réguler correctement l'activité. Le travail qui consiste à interpréter les informations est en général difficile à faire. Il a été observé de manière visible dans le travail d'Alice sur l'exercice à trous (elle a besoin d'un dialogue avec le professeur pour pouvoir réussir les 5 dernières questions). Il a été observé aussi dans le cas de Fanny qui croit lire que sa solution est imprécise alors qu'elle est en fait incomplète. Cette erreur d'interprétation de Fanny est peut-être due aussi à sa position critique vis-à-vis du logiciel, elle préfère avoir confirmation que la loupe est difficile à utiliser plutôt que de remettre en cause son travail.

2.4 A la recherche de traces d'apprentissages

Au-delà de cette analyse des cycles d'activités, ce qui nous intéresse aussi est de savoir si ces séances ont permis aux deux élèves d'apprendre quelque chose et comment des usages de la ressource numérique peuvent se constituer en lien avec cet apprentissage. Afin d'avancer sur ce point, en tenant compte des sujets singuliers dans les phénomènes d'apprentissage, nous introduisons deux types de « logiques élèves » : lorsque le but de l'élève semble être uniquement d'obtenir le bon résultat, nous parlons de logique d'action (ou logique de production). Lorsque au contraire l'élève semble chercher « un peu plus » que l'obtention du résultat, nous parlons de logique d'apprentissage[10] (ou logique de construction).

Logique d'action et logique d'apprentissage sont bien des postures a priori des sujets ; elles induisent la constitution d'usages différents des ressources mais ce sur quoi nous souhaitons insister est le fait que ces postures peuvent changer compte tenu des situations rencontrées par les élèves. En particulier, le cas d'Alice en activité sur les 5 premières questions de l'exercice 3, et la rupture dans son comportement à partir de la question 6, amène à penser que la situation peut renforcer la logique d'action, et donc l'activité à dominante productive. Au contraire, la situation peut faire que l'élève passe dans une logique d'apprentissage. Ainsi, nous avons vu comment Alice est passée d'une logique d'action à une logique d'apprentissage dès que l'exercice 3 n'était plus un questionnaire à deux champs mais à six champs, c'est-à-dire dès que sa technique à deux coups ne fonctionnait plus et que la tâche mélangeait plus de deux registres d'écriture. L'importance des adaptations de connaissances dans les tâches proposées aux élèves réapparaît donc ici comme pourvoyeur non seulement d'activité constructive mais d'activité constructive intentionnelle. On peut en outre penser que ce changement de logique porte ses fruits. En effet, si au début de l'exercice 3, les connaissances d'Alice à propos des images et des antécédents semblent fragiles (2 erreurs sur 5 QCM proposés), on la voit adapter correctement ces mêmes connaissances dans les différentes tâches qui lui sont proposées dans les exercices 8 et 9. Dans l'exercice 8, elle est capable de chercher des images et des antécédents algébriquement (ce n'est pas l'activité attendue mais ses calculs sont corrects) et dans l'exercice 9, elle est capable de résoudre graphiquement les équations proposées « f(x)=k » et « f(x)=g(x) » (elle ne sait pas se servir du curseur mais ses tentatives sont cohérentes). Il ne faut cependant pas négliger le rôle du professeur dans cet apprentissage puisqu'il s'est montré tout de suite disponible au moment où dans l'exercice 3, Alice a éprouvé le besoin de l'appeler pour qu'il lui explique.

Le cas de Fanny est différent car c'est en fait une très bonne élève. Elle n'est pas dans une logique d'apprentissage tout simplement parce qu'elle connaît les notions à utiliser et que les situations ne sont pas problématiques pour elle. La séance lui est cependant profitable[11] non pas parce qu'elle a appris mais parce qu'elle a entretenu ses connaissance et eut confirmation qu'elle savait faire les exercices. On constate, cependant, qu'elle a appris des connaissances liées à la ressource elle-même. Et pourtant Fanny n'est pas entrée dans cette séance avec le désir d'apprendre à manoeuvrer le logiciel, au contraire son motif était plutôt de démontrer les limites du logiciel. Il s'agit là d'apprentissage incident, du à son activité productive. Il est fort probable que lors d'une prochaine séance sur ce logiciel, Fanny sera plus à l'aise dans le maniement du logiciel, ce qui lui donnera sûrement plus de possibilités pour travailler efficacement du côté des mathématiques.

3. L'ACTIVITE DES PROFESSEURS INTEGRANT DES BEL

[10] Ces terminologies sont appuyées sur le schéma de double régulation de l'activité.

[11] Modulo le bémol sur les trois solutions données avec deux décimales.

La question de la constitution des documents numériques à partir des BEL dans le cas des enseignant était formulée dans notre deuxième atelier sous la forme suivante : « Qu'est ce qui semble résulter d'un développement professionnel chez les professeurs utilisant des bases d'exercices ? Qu'est ce qui semble être inéluctable dès lors qu'on va utiliser une base d'exercices et qu'on retrouvera chez tous les professeurs ? »

Pour apporter des éléments de réponse à cette question les participants à l'atelier visionnaient un montage vidéo obtenu à partir d'enregistrement d'un séance : on pourra retrouver cet enregistrement à l'adresse http://pcbdirem.math.jussieu.fr/SITEscore/Compterenduobs.php. Les participants étudiaient parallèlement un protocole de séance BEL mais n'avaient pas tous le même protocole, ce qui permettait de lancer une discussion sur les comparaisons de séances. Nous donnons ici une synthèse des résultats obtenus organisée suivant les régularités et les singularités et illustrée par quelques exemples. Les protocoles concernent 5 enseignants appelés dans la suite Maurice, Flore, Cathy, Gilles et Olivia.

3.1 Des usages partagés liés à la composante cognitive des pratiques et à la forme des interventions orales

Les séances retenues pour faire travailler les élèves sur machine sont toujours des séances en demi-classe avec un élève par machine. Le travail en demi classe semble dû à la contrainte de place et à la limitation du nombre des postes informatiques dans les salles (une quinzaine en général). Cependant les choix pourraient être différents. Les enseignants pourraient choisir de faire travailler leurs élèves en binômes, ce qui n'a jamais été observé. Notons que, le fait que chaque élève ait sa machine n'empêche pas le travail en groupe, les élèves s'aidant entre eux mais traitant cependant leur propre exercice.

Les connaissances travaillées dans ces séances sont toujours des connaissances anciennes ou en cours d'acquisition. Il ne semble pas que l'on puisse faire aborder aux élèves des connaissances totalement nouvelles avec ces outils bases d'exercices car elles sont actuellement prévues pour un usage d'entraînement uniquement. En outre, les objectifs des enseignants pour les séances sont toujours limités : il s'agit de travailler un thème précis ou de réviser des notions précises. Il ne semble pas y avoir de mélanges, sauf parfois sur quelques exercices à la fin des plans de travail pour de bons élèves. Ces plans de travail sont d'ailleurs assez précis, afin que les élèves soit bien cadrés, et ils sont généralement trop longs pour un travail des élèves sur une seule séance.

Enfin, tous les enseignants accordent une grande importance à l'utilisation du papier-crayon, ainsi l'enseignante Cathy commence la séance par une intervention collective : « Je vous demande tous de sortir au moins de quoi écrire, votre cahier d'exercice, le but étant : tout ne se fait pas de tête, il y a un certain nombre de résultats qu'on peut lire directement mais parfois il y a besoin de faire des calculs ».

Ces choix réguliers et partagés par tous les enseignants observés concernent uniquement ce que Robert et Rogalski (2002) appellent la composante cognitive des pratiques enseignantes. D'autres régularités concernent les types d'interventions orales des enseignants pendant les séances BEL et donc plus directement la composante médiative des pratiques. Tout d'abord, ces interventions sont rarement collectives et lorsqu'elles le sont, leur but est :

- dans une phase de démarrage, d'expliquer aux élèves les "gestes" minimaux pour démarrer les machines et se connecter à la ressource ainsi que le plan de travail à suivre (la succession d'exercices à effectuer) ;
- au cours de la séance, de réguler l'avancée dans le temps ou gérer une difficulté liée au maniement de la BEL ;

Un autre point commun est l'absence de phases de bilans collectifs au cours ou à la fin des séances et a fortiori l'absence de phases d'institutionnalisation. Une interprétation possible de ce phénomène est que les enseignants voient d'abord le travail sur des BEL comme permettant

la différentiation entre élèves. Dans ce cas de rythmes variés d'avancement du travail, un bilan même partiel leur semble inopportun.

Les interventions individuelles sont donc majoritaires. Elles sont soit des aides mathématiques soit des aides liées à l'utilisation de l'instrument BEL, on note très peu d'interventions liées à l'enrôlement. La proportion d'aides instrumentales semble liée directement au logiciel lui-même et au niveau de la familiarisation des élèves mais aussi des enseignants avec son utilisation. Nous avons, par exemple, vu que l'enseignant Gilles fait des interventions brèves pour expliquer comment passer d'un exercice à un autre ou bien à régler rapidement un problème technique, alors qu'une autre enseignante, Olivia, qui utilise pour la première fois la ressource Wims[12], consacre un temps conséquent aux aides instrumentales.

L'importance des aides mathématiques et individuelles est une régularité évidente dans les séances avec une BEL. Elles sont le plus souvent liées directement à l'exécution de la tâche et couvrent une large palette d'effets souhaités par l'enseignant. En voici un exemple :

> « Tu t'en sors ? Tu as fait tous les calculs de l'image ?
> - Non je n'y arrive pas
> - Alors on y va (-10) fois (-6) ça fait combien ?
> - -60
> - Pourquoi moins ?
> … »

Cependant, il semble que le travail sur machine, où l'enseignant apporte des aides adaptées à l'activité autonome de l'élève, favorise, dans certains cas, mais ce n'est plus partagé par tous les enseignants, l'émergence d'aides plus constructives pour l'apprentissage mathématique des élèves. Voici pour finir ce paragraphe un exemple où l'enseignant essaie d'aider un élève à faire le lien entre cadre algébrique et cadre graphique.

> « Quand tu traces une courbe, le point M appartenant à la courbe aura quoi comme coordonnées
> - M
> - Non quand tu as une courbe, pour placer M tu fais quoi ?
> - Je te demande de tracer la courbe x^2, tu fais quoi d'abord ? tu fais le tableau de valeur et après ? Tu as les x, tu vas trouver les y c'est-à-dire les x^2 et alors quand tu as le tableau de valeurs comment tu passes à la courbe ?
> … »

Voici un second exemple où l'enseignant essaye d'amener l'élève à prendre du recul par rapport à une résolution réussie. Par exemple, lorsqu'un élève vient de trouver $13(1+2y)$ comme factorisation de $13+26y$, Olivia le félicite mais lui pose une question supplémentaire pour l'aider à prendre du recul sur sa méthode de factorisation :

> « Voilà ! Mais alors ici par rapport à la méthode de tout à l'heure, c'est une recherche de quoi ? Est-ce que c'est une factorisation avec une identité remarquable ?
> - C'est la recherche d'un facteur commun.
> - D'un facteur commun, oui, c'est bien. Et ici le facteur commun c'est k »

3.2 Des disparités entre enseignants liées essentiellement aux gestions dans les classes

Nous avons vu qu'un point commun est l'importance accordée au rôle de l'écrit pendant les séances machine. Certains enseignants ont un « cahier d'informatique » tandis que d'autres préfèrent un unique cahier d'exercices, d'autres encore se contentent d'une simple feuille de brouillon. Les enseignants étudiés articulent différemment le travail des élèves sur la ressource et le travail de l'écrit. Ainsi, l'enseignant Maurice distribue aux élèves une feuille à compléter et qu'il relève à la fin de la séance, tandis qu'Olivia prévoit, et les élèves le savent, un contrôle juste après la séance dans lequel est intégré l'un des exercices de la feuille Wims.

Si, on l'a vu, les aides sont essentiellement d'ordre mathématique, la manière d'apporter de l'aide diffère d'un enseignant à l'autre. Ainsi, les modes de déplacement dans la classe

---

[12] http://wims.auto.u-psud.fr

diffèrent d'un enseignant à l'autre. Certains enseignants semblent se consacrer plus aux élèves faibles, profitant du fait que chaque élève travaille à son rythme pour apporter des aides adaptées au moment approprié. D'autres enseignants passent régulièrement voir tous les élèves, mais ce balayage systématique n'apporte pas parfois une aide efficace à l'élève. C'est le cas par exemple quand l'enseignant apporte des réponses à des questions que l'élève ne se pose pas encore, même si cet élève traite le même exercice que l'élève vu juste avant par l'enseignant.

Plus précisément, l'étude des protocoles de Maurice fait apparaître deux spécificités. D'une part, il semble qu'il ait mis au point un « format » de dialogue avec l'élève dont il vient observer le travail. En particulier il fait assez systématiquement revenir l'élève en arrière pour vérifier le travail effectué comme l'atteste cet extrait de dialogue d'une observation 2006 : « Oui, qu'est ce que tu n'as pas compris ? Elle est où la question d'abord ? Je n'ai pas vu ce que tu as donné comme réponse tout à l'heure. Que représente cette valeur ? Reviens en arrière …. ».

D'autre part, Maurice a également développé un type d'intervention publique dans la classe. C'est le seul des enseignants observés qui donne au tableau une explication de mathématiques pendant que les élèves travaillent sur leur machine. Il n'interrompt pas ses élèves en pleine activité. Cependant, Maurice donne des explications mathématiques sur le tableau. Au moment où elle est délivrée, cette explication n'est destinée qu'à un ou quelques élèves et Maurice accepte qu'une majorité d'élèves continuent de travailler sans écouter ce qu'il dit. Mais, plus tard, quand d'autres élèves se heurtent à la même difficulté, Maurice, dans son dialogue avec l'élève, le renvoie à la lecture du tableau. Bien sûr, toutes les interventions de Maurice ne sont pas de ce type, il agit ainsi lorsqu'il veut donner une portée générique à son explication.

Flore, une autre enseignante semble apporter une aide très nettement différenciée renforçant une méthode unique dans le cas d'un élève en difficulté, enrichissant au contraire son « capital » de méthodes dans le cas d'un élève plus à l'aise. Pourtant, dans l'entretien Flore n'a pas fait allusion à cette particularité.

3.3 A la recherche d'évolutions et de développement professionnel

En nous référant à nouveau au schéma de double régulation de l'activité, notre but dans cette partie est de rechercher des effets de l'activité constructive des enseignants, autrement dit des traces de régulations structurantes. Ces traces sont très difficiles à repérer en particulier parce qu'elles s'observent sur un temps long et que les observations dont nous disposons, même si elles sont multiples pour chaque enseignant, sont assez ponctuelles. Nous donnons deux exemples d'enseignantes, Flore et Diane, dont nous connaissons une partie de l'histoire professionnelle et nous cherchons chez elle à repérer les usages des BEL qui se sont développés et les évolutions dans ces usages.

Le cas de Flore semble caractérisé par le souci d'intégration de la BEL dans le dispositif général, ce qui se traduit par une forte connexion entre séance classique et séance BEL. Ainsi, les deux séances observées ont fourni à Flore des éléments pour ajuster les séances classiques (plus grande vigilance sur « diviser par 3 c'est comme multiplier par 1/3 » ; présentation des fonctions affines comme un cas plus général que les fonctions linéaires). Enfin, dans ses projets, Flore intègre l'outil BEL dans son arsenal d'outils d'enseignement. Pour l'année suivante, elle envisage une utilisation harmonieuse de cet outil pour que ces séances ne soient pas marginalisées. On peut faire l'hypothèse qu'il y a dans le cas de Flore des boucles de régulations à une échelle de temps long, celle de l'année scolaire et qu'il y a constitution d'usages intentionnels de la BEL. Ces usages sont conscients, recherchées par Flore et en accord avec son parcours personnel : participation au groupe IREM et une formation professionnelle. Elles résultent certainement d'un élément fort, la volonté d'enrichir sa pratique enseignante par un apprentissage intentionnel, éventuellement hors de son lieu de

travail. Pour autant, certains points relevés dans l'observation ne sont pas encore pris en compte dans la réflexion de Flore. Ainsi, elle ne semble pas s'interroger sur le fait que ses élèves de seconde, pendant la première séance ont mis beaucoup plus de temps qu'elle ne le pensait à résoudre les exercices de 6e. Bien au contraire, tout se passe comme si elle voulait le nier puisque sa seule réaction est de faire accélérer les élèves. De même, elle ne semble pas avoir conscience de la manière différenciée dont elle apporte de l'aide à ses élèves. On peut se demander s'il ne s'agit pas là d'un apprentissage incident, facilité par l'usage des BEL, ou s'il s'agit d'une caractéristique de Flore visible dans toute séance d'exercices d'entraînement.

Comme dans le cas de Flore, Diane travaille sur le long terme à intégrer les BEL dans le dispositif global d'enseignement. Pour ce faire, elle s'appuie sur deux leviers, le rôle des traces écrites et l'évaluation sous forme de contrôle. Son action sur le rôle du papier crayon est un exemple emblématique de ce que nous avons pu observer chez différents enseignants. En effet, dans la dernière observation, toutes ses actions semblent converger vers une sorte d'obligation à garder des traces écrites. Dès le début de l'année, elle a instauré le cahier d'informatique. Pendant la séance, de nombreuses interventions font référence aux traces écrites et après la séance, le contrôle reprend un exercice similaire. Les élèves, s'ils sont consciencieux, à titre de révisions, referont les exercices et éventuellement s'aideront de leurs notes. En outre, un point fort de sa pratique habituelle est la recherche du développement de l'autonomie des élèves. Par sa connaissance très approfondie du logiciel, elle accompagne le plus possible les élèves dans ce développement de leur autonomie. Nous pouvons donc plutôt parler d'apprentissage incident de Diane : elle se constitue des usages des BEL pour servir ses objectifs pédagogiques.

CONCLUSION

Nous pensons avoir montré comment le schéma proposé, issu de la didactique professionnelle et complétant par là même les apports théoriques de Gueudet et Trouche d'une part et Folcher d'autre part, peut être un outil efficace pour comprendre ce qui peut se jouer du côté des élèves et du côté des enseignants lors des séances sur BEL.

Du côté des élèves, nos analyses montrent que la constitution des usages des BEL dépend à la fois de l'état des élèves (il est en particulier nécessaire de prendre en compte les élèves dans toutes leurs singularités pour étudier ces phénomènes de genèses d'usages) et des situations qu'ils rencontrent, notamment du point de vue mathématique. Plus particulièrement, nos analyses montrent et expliquent pourquoi la constitution de ces usages ne va pas toujours de soi et pourquoi le recours à d'autres ressources telles que le manuel, le cours mais surtout le professeur est bien souvent nécessaire pour les élèves. On peut dire que la BEL s'intègre donc dans un ensemble de ressources pour les élèves pour qu'ils puissent apprendre.

Notre approche conduit particulièrement à un découpage de l'activité des élèves en deux phases consécutives : la compréhension de la tâche prescrite avec entrée des élèves dans l'activité puis la réalisation effective de la tâche par les élèves avec l'interprétation des rétroactions. Nous avons en particulier vu des décalages entre l'activité attendue et l'activité réellement développée par les élèves et donc la nécessité d'interventions de l'enseignant pour que l'activité se continue et que des usages puissent se développer. Dans le cas général, ces décalages peuvent être dus aux tâches trop complexes, que ce soit du côté des mathématiques ou à cause de leur environnement informatique. Ils peuvent aussi être causés, comme nous l'avons observé ici chez Alice et Fanny, au fait que l'activité attendue ne corresponde pas à celle attendue en environnement papier crayon dans une situation similaire. Enfin, et c'est tout de même assez rare, ils peuvent être liés à la constitution d'un usage détourné intentionnel de la ressource de la part de l'élève. Les rétroactions peuvent aussi être inadaptées ou bien adaptées mais mal interprétées ou bien encore insuffisantes. Elles ne

permettent souvent pas aux élèves de réguler leur activité à bon escient et là encore une aide extérieure est nécessaire pour que l'activité perdure, même si l'enseignant n'en a pas toujours connaissance.

La question générale de la modification de « l'état de l'élève », en particulier par un apprentissage mathématique relié à un usage spécifique d'une BEL, reste difficile à observer à l'échelle des cycles courts que nous avons étudiés, ni même à l'échelle des cycles plus longs d'une série d'exercices ou d'une séance. Cependant nos deux exemples ont permis d'illustrer plusieurs phénomènes :

- la logique d'apprentissage, et les usages de la ressource qu'elle sous tend, ne se décrète pas (posture a priori du sujet) mais elle peut être défavorisée par le travail sur la BEL dans certaines situations : une élève motivée comme Alice peut rester dans une logique d'action tant que la suite de situations n'est pas problématique pour elle et qu'elle peut obtenir le résultat sans effort (QCM à deux champs). Tout se passe comme si dans certaines situations, l'activité constructive était occultée par l'activité productive, qui occupe alors tout l'espace. L'apprentissage existe mais il est seulement incident, limité par rapport aux objectifs des exercices.

- si l'apprentissage intentionnel ne se décrète pas, on peut penser qu'il peut être favorisé, même pour des élèves qui ne sont pas dans une logique d'apprentissage, à partir du moment où il y a toujours une activité productive. C'est ce qui à nos yeux accrédite le travail sur les ressources en ligne car les élèves y sont toujours actifs comme l'ont encore montré ces observations. Cependant cet apprentissage intentionnel, et les usages de la BEL qui l'accompagnent, semble lié à une activité sur des situations « riches », la richesse de ces situations en terme d'adaptations de connaissances à mettre en fonctionnement étant elle-même dépendante de l'élève singulier qui travaille sur la BEL. Par exemple, on peut penser qu'avec ces exercices 3, 8 et 9, Alice travaille dans sa zone proximale de développement. Trois fois sur cinq, elle sait traduire avec deux champs à remplir une information donnée dans un registre algébrique. Mais lorsque la situation comporte une adaptation supplémentaire liée au mélange de plus de deux registres d'écritures, Alice fournit un effort supplémentaire qui semble permettre un réinvestissement ultérieur. Cependant, nos analyses montrent aussi que la richesse de la situation doit être mesurée, en cohérence avec le fait que la zone proximale de développement est propre à l'élève singulier. Fanny ne fait par exemple qu'entretenir des connaissances qu'elle a déjà organisées et développe un usage « dédaigneux » de la BEL. C'est là toute la difficulté du travail autonome sur ces ressources.

Du côté des enseignants, de leur activité pendant les séances BEL et de l'articulation entre cette activité et les différentes composantes de leur pratique, les résultats que nous avons obtenus, et dont seule une partie a pu être illustrée par les exemples travaillés dans l'atelier, sont les suivants :

Lorsqu'un enseignant choisi d'utiliser les BEL en classe, nous avons vu que des usages partagés se développent assez vite, liés aux types de ressources elles-mêmes et aux contraintes que celles-ci imposent, comme par exemple la mise en place de plans de travail assez longs et rigides, le fait de faire travailler les élèves en demi groupe sur des connaissances anciennes ou en cours d'acquisition, le peu d'utilisation du tableau (en général), la parole essentiellement individuelle, l'absence de phase de bilan collectif. Ces caractéristiques, aussi bien cognitives que médiatives, nous semblent donc liées à des régulations plutôt fonctionnelles, à court ou moyen terme, de l'activité de l'enseignant avec des BEL, c'est-à-dire à la constitution d'usages spontanés des BEL induits par les contraintes fortes liées à leur utilisation en classe.
D'autres spécificités des usages vont aussi inéluctablement se mettre en place mais plus lentement comme l'importance accordée à la trace écrite, le lien avec les contrôles et l'articulation avec les séances classiques. Ces évolutions semblent affecter essentiellement la composante cognitive des pratiques des enseignants. Elles sont le résultat d'apprentissages

incidents liés à des régulations fonctionnelles de l'activité mais peuvent se conjuguer, comme dans le cas de Flore, à une volonté de développement professionnel. Toutefois ces évolutions ont des limites communes puisque l'absence au niveau des plans de travail de mélanges entre plusieurs domaines de connaissances mathématiques persiste. De même, nous n'avons pas trouvé d'exercices permettant des activités spécifiques aux environnements logiciels. Seules des tâches papier/crayon semblent proposées à ce niveau d'enseignement mais cela est certainement à relier aux méthodes de contrôles de connaissances qui sont uniquement traditionnelles.

Enfin, les disparités entre enseignants et les évolutions variées de leurs activités semblent concerner plus directement la composante médiative des pratiques. En outre, les quelques exemples de professeurs observés laissent à penser qu'il ne s'agit probablement pas d'un développement professionnel mais plutôt d'un ajustement des usages développés par les enseignants à la composante médiative de leur pratique. Dans le cas de Flore, le fait d'aider les élèves de façon différentiée ne semble pas conscientisé et le fait de les faire accélérer semble venir de la pratique ordinaire. Dans les autres cas étudiés, on peut aussi penser que leurs façons d'aider les élèves en séance BEL (ratio d'aides à l'initiative de l'enseignant, ratio entre aides directement tournées vers l'exécution de la tâches et aides à caractère plus constructifs, utilisation spécifique du tableau, déplacements dans la classe…) n'évoluent pas ou peu et qu'elles ne sont que le reflet de la composante médiative de leurs pratiques.

S'agissant d'un domaine en plein essor, les BEL étant de plus en plus nombreuses, ces premières investigations sont donc à poursuivre. Il faudrait renforcer l'approche qualitative en essayant de mettre davantage en relation, chez un ou plusieurs enseignants choisis, les séances BEL et les séances classiques. Il serait sans doute intéressant également de regarder de manière quantitative comment évolue l'utilisation des BEL : effet de mode ou tendance lente qui va peu à peu s'imposer dans la pratique enseignante ?

REFERENCES

Brousseau, G. (1998) *Théorie des situations didactiques*, Grenoble : La pensée Sauvage

Cazes, C., Gueudet, G., Hersant, M., Vandebrouck, F. (2006) Using E Exercises bases in mathematics: case studies at university. *International Journal of Computer in Mathematics Learning*. 11 (3), 327-350.

Chevallard, Y. (2002) Ecologie et régulation, in J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, R. Floris (dir.) *Actes de la XIème Ecole d'été de didactique des mathématiques, Corps* (pp.41-56). Grenoble : La Pensée Sauvage.

Leontiev, A. (1984) *Activité Conscience Personnalité*, Moscou : Editions du Progrès (1ère édition, 1975, en russe).

Leplat, J. (1997) *Regards sur l'activité en situation de travail*, Paris : PUF.

Pastré, P. (2005) La deuxième vie de la didactique professionnelle, *Education permanente* 165, 29-46.

Rabardel, P. (1999) *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains*, Paris : Armand Colin

Robert, A. (1998) Outil d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université, *Recherches en Didactique des Mathématiques* 18 (2), 139-190.

Robert, A., Rogalski, J. (2002) Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche, *Revue Canadienne de l'Enseignement des Sciences, des Mathématiques et des Technologies* 2 (4), 505-528.

Robert, A., Rogalski, M. (2002) Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur des exercices ? Le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion en classe, *Petit x* 60,6-25.

Rogalski, J. (2000) Y a-t-il un pilote dans la classe ? Apports des concepts et méthodes de la psychologie ergonomique pour l'analyse de l'activité de l'enseignant. Dans T. Assude et B. Grugeon (eds) *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*, ARDM et IREM de Paris 7, 143-164.

Ruthven, K., Hennessy, S. (2002) A practitionner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning, *Educational Studies in Mathematics* 49 (2/3), 47-86.

Samurcay, R., Rabardel, P. (2004) Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences: propositions. Dans R. Samurcay et P. Pastré (eds) *Recherches en Didactique Professionnelle*, Toulouse : Octarès, 163-180.

Vandebrouck, F. (ed) (2008) *La classe de mathématiques : activité des élèves et pratiques des enseignants*, Toulouse : Octarès

Vergnaud, G. (2002) La conceptualisation, clef de voûte des rapports entre pratique et théorie, Dans *Analyse des pratiques et professionnalité des enseignants*, actes de la DESCO de l'université d'automne.
Vygotski, L. (1934/1997) *Pensée et langage*, Paris : La dispute.

SYLVIE COPPE

DES RESSOURCES POUR LE PROFESSEUR : PRESENTATION D'UN SITE SUR L'ENSEIGNEMENT DE L'ALGEBRE AU COLLEGE

Abstract : The aim of this workshop was to present a website which proposes resources for mathematics teachers and trainers. The website is designed by teachers and researchers working together ; it aims at improving the teaching of algebra and fostering a rich mathematical activity for students. The most important question for the site designers is to determine initial resources they can use, and the environment they can build around these initial resources to favour their appropriation by teachers.

Dans cet atelier, nous souhaitons présenter une recherche menée par des chercheurs et des enseignants volontaires sur l'enseignement de l'algèbre au collège en France (élèves de 11 à 16 ans) qui a pour but d'élaborer des ressources pour les professeurs des mathématiques et les formateurs et de les diffuser sur un site en construction (SESAMES Algèbre), consultable à l'adresse suivante : http://www.lyon.iufm.fr/UCDmath/algebre/index.htm.

Nous travaillons dans le cadre d'un projet de recherche pluridisciplinaire (associant les mathématiques, les sciences physiques et la chimie) qui vise à améliorer l'articulation entre pratiques des professeurs et activités des élèves, par le biais de la diffusion de ressources, qui peuvent être des séances de classe, mais pas seulement, dans le cadre des programmes actuels de ces différentes disciplines. Nous avons choisi une diffusion par site web pour permettre d'une part, un travail de conception des ressources évolutif, avec des possibilités de modifications, des ajouts (ou des retraits), une évolution de l'architecture du site et, d'autre part, la création de liens avec les utilisateurs, voire de collaborations.

Ce que nous présentons ici est donc le résultat d'un travail en évolution et d'une recherche en cours.

Dans la première partie, nous donnerons des éléments sur le fonctionnement général du groupe de recherche, puis nous nous apporterons quelques éléments sur l'articulation « ressources/documents ». Nous rappellerons ensuite quelques résultats sur la didactique de l'algèbre, nous ferons une analyse des programmes actuels du collège et des manuels qui nous sert dans l'élaboration des divers documents que nous proposons sur le site. Enfin, nous présenterons le site et nous commenterons deux types de documents élaborés et mis en ligne.

QUELQUES ELEMENTS SUR LE FONCTIONNEMENT DU GROUPE

Un projet de recherche pluridisciplinaire

Actuellement, cinq groupes thématiques (algèbre au collège, sciences physiques au collège, sciences physiques au lycée, chimie au lycée, pluridisciplinaire lycée), comprenant chacun des chercheurs et des professeurs, travaillent dans ce projet. Le travail mené dans les groupes se fait à plusieurs niveaux :

- conception d'activités ou de séances de classe (voire de séquences de classe), qui sont expérimentées puis rédigées selon un canevas défini ;
- conception du site, de son architecture ;
- élaboration et classification des documents autres que les séances de classe ;
- à plus long terme, un autre niveau serait d'étudier comment les professeurs utilisent ces ressources et quels effets cela pourrait avoir sur leur pratique.

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 40 – 118.

Chaque groupe se réunit au moins deux fois par mois pour discuter des propositions de chacun sur les points cités ci-dessus et pour finaliser les documents qui sont alors mis sur le site.

De plus, nous organisons des réunions plénières dans lesquelles chaque groupe présente l'avancée de ses travaux. Nous dégageons également des questions communes qui sont alors reprises, rediscutées et travaillées dans les groupes. Actuellement, nous travaillons sur la question des liens entre activités, synthèse, mise en commun, institutionnalisation et nous étudions comment chacun des groupes prend en compte cette question dans l'élaboration des ressources.

Fonctionnement du groupe Algèbre au collège

Ce groupe est actuellement constitué d'une chercheuse en didactique des mathématiques, de cinq professeurs de collège volontaires (recrutés lors de stages par exemple) et d'un doctorant. Nous bénéficions du soutien de l'INRP.

Les questions de recherche que nous nous posons sont les suivantes :

- que peut-on appeler des ressources pour les professeurs ? De quoi peuvent-elles être constituées ? Comment favoriser l'appropriation de ces ressources afin qu'elles deviennent des documents pour le professeur ?
- quelle architecture du site faut-il proposer ? Notamment comment gérer une trop grande différence par rapport aux manuels scolaires qui proposent des chapitres séparés, sur des thèmes mathématiques proches de ceux énoncés dans les programmes, alors que nous proposons plutôt une entrée par des types de problèmes ?
- si nous considérons qu'il ne suffit pas de donner simplement des textes de problèmes, un peu comme dans les manuels, quels autres types de documents peut-on produire, donner à voir ? Sur quels supports ?
- quels écrits théoriques doit-on donner ? Nous utilisons en particulier des résultats de recherche en didactique de l'algèbre, mais pas seulement puisque nous souhaitons aussi expliciter nos choix de gestion de classe qui relèvent d'autres champs.
- en ce qui concerne les séances de classe mises sur le site, quel doit être le niveau de description, d'explicitation de la gestion de la classe, du détail des consignes, etc. ?
- a plus long terme, comment favoriser une collaboration entre les concepteurs du site et les utilisateurs ?

Depuis 6 ans, le travail essentiel du groupe a consisté en la mise en place du site et de son architecture et à l'élaboration des différents documents qui le constituent.

La première élaboration du site a été faite par la chercheuse et un professeur. C'est à ce moment que nous avons rédigé une première version des principes qui s'est ensuite stabilisée mais qui sera certainement reprise dans les mois qui viennent. Ensuite, au fil des années (notamment en fonction des moyens alloués), d'autres professeurs ont rejoint le groupe. Au début, ceux-ci participaient activement aux discussions, mais n'élaboraient pas d'activités ; en revanche ils apportaient des documents personnels qu'ils utilisaient dans leurs classes. Puis, assez vite, nous avons pu constater une participation plus active à l'élaboration et à la rédaction des documents, puis à des propositions de thèmes à travailler et enfin à la question de la diffusion et de l'appropriation des documents, ce qui a relancé notre questionnement sur la nature et la forme des documents à proposer, leur niveau de description ou d'explicitation. Ainsi, nous avons eu une évolution assez rapide des questions abordées et des méthodes de travail. Les professeurs de ce groupe soulignent l'intérêt d'avoir eu les principes pour leur entrée dans le groupe. Cependant, ce n'est qu'au bout de quelques années de travail qu'ils commencent à les discuter.

La construction des activités est faite en plusieurs étapes : détermination de l'idée d'un problème, élaboration d'un premier scénario de mise en œuvre dans la classe, expérimentation dans une ou plusieurs classes, retour sur le problème et le scénario, ajustement des variables, des questions, des synthèses, puis rédaction pour le site. Chaque fois qu'une activité est expérimentée, nous photocopions des copies d'élèves ou nous filmons la séance. Quand les modifications ont été faites, un membre du groupe rédige l'activité selon le canevas que nous présentons plus loin. Nous décidons également des autres documents que nous mettons sur le site et nous procédons de la même façon : un membre du groupe fait une première rédaction qui est discutée, avant d'être mise sur le site. Les réunions servent donc avant tout à donner des orientations, à discuter les versions finales des documents et à répartir le travail.

LA DISTINCTION RESSOURCES DOCUMENTS

Nous reprenons la distinction de Gueudet et Trouche, (dans ce volume) entre ressources et documents et notamment l'idée de transformation :

> « Nous considérons ici que le professeur, dans son travail de documentation, dispose d'un ensemble de *ressources-artefacts* (manuels, logiciels, sites), qui vont donner naissance, pour une tâche donnée, au cours d'une *genèse documentaire*, à un *document-instrument*. »

Ainsi, parmi toutes les ressources que l'on peut trouver à différents endroits et sous des formes différentes (et avec le développement des TIC celles-ci risquent de se développer rapidement) certaines deviendront des documents que le professeur pourra exploiter, et ceci grâce à un travail de transformation et d'appropriation qu'il est important d'étudier.

Cependant, en ce qui nous concerne, le terme document est utilisé à deux moments différents : les concepteurs du site produisent des documents de divers types qui sont rédigés, classés, organisés pour être diffusés sur le site et donc, pour devenir (éventuellement) des ressources pour les enseignants ou les formateurs. A leur tour, ces derniers peuvent les transformer en documents de divers types. Par exemple, les séances de classe peuvent être utilisées directement, sans transformation (mais peuvent aussi être adaptées) alors que les écrits théoriques resteront à disposition des professeurs et leur serviront à accroître leurs connaissances professionnelles. De même, les procédures d'élèves servent à documenter le professeur sur ce que les élèves peuvent faire. Ainsi, à partir des ressources, les documents élaborés par les professeurs ne sont pas tous du même type et n'ont pas la même fonction : certains sont davantage pour le professeur et d'autres sont plus directement utilisables en classe (nous emploierons à ce sujet le terme « documents pour la classe »).

Pour illustrer cela, nous avons fait un tour d'horizon rapide des types de ressources et des exemples de différentes utilisations qui peuvent être faites.

- les programmes et les documents d'accompagnement (désignés comme tels selon le terme officiel) : ce sont des écrits officiels qui donnent des indications plus ou moins précises, voire des injonctions sur ce que le professeur doit faire, à la fois du point de vue du savoir et de celui des méthodes d'enseignement. Notons que, dans les documents d'accompagnement, on trouve quelques problèmes qui peuvent être mis en œuvre dans les classes. La plupart de ces écrits doivent être intégrés, pris en compte dans le travail du professeur notamment lors de la préparation des séances de classe. Pour nous, les programmes peuvent constituer des documents pour le professeur et ils peuvent aider à la constitution de documents pour la classe ;
- les manuels scolaires : ce ne sont pas des écrits officiels mais ils peuvent avoir ce statut pour les professeurs, ils proposent des cours, des exercices ou des activités d'introduction (nous reprenons ce terme qui est actuellement employé pour désigner des types d'exercices qui sont proposés en début de chapitre, qui ont pour but d'introduire les notions enseignées, et de distinguer les exercices proposés avant et

après institutionnalisation) qui peuvent être utilisés directement dans la classe ; cependant les manuels donnent rarement des indications sur la gestion de la classe (ordre, durée, travail personnel, de groupe, etc.) qui peut être faite. De plus, en reprenant les termes de Chevallard (1998, 1999), on peut déterminer dans les manuels une organisation mathématique (par exemple en termes de succession des chapitres) mais pas une organisation didactique. Nous avons montré (Coppé, 2007) que les exercices proposés dans les manuels étaient souvent utilisés tels quels, sans modification, notamment des variables didactiques qui souvent, ne sont d'ailleurs pas identifiées. On peut donc penser que, si certains éléments proposés dans les manuels peuvent être repris sans modification pour devenir des documents pour la classe, le professeur a à sa charge de construire une organisation didactique qui lui permette d'intégrer ces éléments à sa préparation dans le cadre de ses pratiques habituelles.

- des fiches d'activités « clés en main » que l'on peut trouver sur Internet sur des thèmes particuliers. Ces écrits ont la même fonction que ceux des manuels, cependant ils sont souvent moins organisés (ils ne proposent pas forcément d'organisation mathématique, de cours, etc.) ;
- des fiches d'activités que chaque professeur a élaborées personnellement ou bien avec ses collègues (et que le professeur conserve). Elles constituent un type de ressources qui n'ont pas un caractère officiel, car ce sont des documents personnels qui sont échangés. Ils peuvent être des documents pour certains professeurs et constituer des ressources pour d'autres. Ils sont essentiellement constitués de documents pour la classe ;
- les livres « savants » qui peuvent être des livres portant sur le savoir mathématique ou bien des livres qui traitent de sujets plus généraux relatifs à l'enseignement, aux élèves, aux adolescents, etc. Ces livres ont plutôt une fonction de documentation qui permet aux professeurs de compléter, d'approfondir leurs connaissances personnelles et professionnelles et ainsi, éventuellement, de modifier leur pratique ;
- des articles qui proviennent de revues professionnelles. Par exemple, pour les mathématiques, on peut citer la revue de l'APMEP ainsi que les fascicules, les brochures IREM, les revues Petit x, Grand N, Tangente, etc. Dans ces revues, on peut trouver des articles de réflexion sur des thèmes mathématiques qui peuvent comporter des idées d'activités à mettre en œuvre dans les classes. Cependant, les activités, évoquées ou proposées, sont souvent à replacer dans leur contexte et elles ne peuvent pas être utilisées sans modification pour la classe. En revanche, ces articles proposent des analyses des activités proposées, ils peuvent donner à voir des productions d'élèves et peuvent être complétés par d'autres types d'observables, questionnaires, etc. Ainsi ces articles peuvent constituer des éléments de documentation pour les professeurs, ils peuvent participer à la constitution de documents mais un travail de remise en forme, d'adaptation à la classe est à faire pour cela. Enfin, comme précédemment, ils permettent aux professeurs d'approfondir les connaissances professionnelles.

Nous avons donc vu la multiplicité des ressources documentaires qu'un professeur peut avoir à sa disposition. Nous avons tenté de montrer que ces ressources avaient des fonctions, des formes, des supports différents et qu'un travail quelquefois important devait être fait par le professeur pour les transformer en documents notamment pour la classe.

QUELQUES CONSTATS DE DEPART SUR L'ALGEBRE AU COLLEGE

Nous sommes partis d'un premier constat selon lequel les élèves de 2nde (élèves de 15-16 ans) semblent avoir des difficultés importantes pour mobiliser leurs connaissances algébriques pour résoudre des problèmes (c'est, par exemple, une plainte constante des professeurs de lycée). En particulier, il semble que les élèves des classes de 3ème (élèves de 14-15 ans) ou de 2nde ont du mal à introduire une lettre dans un problème si on ne la leur donne pas (Coulange, 2000). Ceci provient certainement du fait que, d'une part, l'aspect modélisation est peu mis en avant actuellement lors de l'introduction de l'algèbre élémentaire et que, d'autre part, les types de tâches portant sur l'aspect purement technique du calcul algébrique prennent le pas sur d'autres types de tâches qui donneraient du sens à la pratique algébrique. Enfin nous pensons que les notions algébriques sont plutôt enseignées comme des objets que comme des outils notamment de modélisation (Grugeon, 1995).

Des études théoriques sur l'algèbre élémentaire

Des nombreuses études ont été faites sur l'analyse de ce savoir mathématique, nous ne les reprenons pas toutes en détail, nous pointons rapidement celles que nous utilisons dans notre travail sur la conception du site.

Vergnaud (1989) indique les différentes entrées dans l'algèbre dont nous pensons qu'elles ne sont pas forcément toutes reconnues comme telles, notamment dans les manuels.

> « Par "introduction à l'algèbre", on peut entendre plusieurs choses distinctes :
>
> - mise en équation de problèmes arithmétiques simples et résolution par l'algèbre ;
> - règles élémentaires de traitement et de transformation des équations ;
> - première explicitation des concepts de fonction et de variable ;
> - mise en évidence de certaines propriétés structurales des ensembles de nombres, notamment l'ensemble des relatifs et de l'ensemble des rationnels ;
> - etc…
>
> Il est raisonnable de penser que c'est un savant équilibre de ces différentes composantes conceptuelles et des situations qui leur donnent du sens qui peut permettre aux élèves de comprendre en profondeur la fonction, la structure et le fonctionnement du raisonnement algébrique. Mais quel équilibre ? »

Des études portent sur l'articulation, en termes de ruptures et de continuités, entre l'arithmétique et l'algèbre (Vergnaud, 1988, 1989, Chevallard, 1985bis, 1989, 1990 ou Gascon, 1994). Ainsi ils indiquent que souvent l'algèbre élémentaire est assimilée à une arithmétique généralisée dans le sens où le symbolisme algébrique serait seulement un prolongement et une généralisation du langage arithmétique. Or selon eux, ce n'est pas le cas car les symboles employés (lettres, signe égal, signes opératoires, etc) n'ont pas le même statut et que les types de problèmes que l'algèbre permet de résoudre qui sont différents.

D'autres travaux ont porté sur les statuts de ces différents objets comme ceux de Kieran (1990), Schmidt (1996), et enfin d'autres sur les erreurs (Behr et al, 1980, Booth, 1985, Drouhard, 1992, Grugeon, 1995 et Kirshner et al., 2004).

Vergnaud (1989) a distingué les procédures arithmétiques et algébriques dans la résolution des problèmes (repris par Schmidt et Bednarz, 1997).

> « Alors que la résolution arithmétique d'un problème en langage naturel consiste à rechercher les inconnues intermédiaires dans un ordre convenable, et à choisir les données et les opérations adéquates pour calculer ces inconnues, l'algèbre consiste à écrire des relations explicites entre inconnues et données, et à s'en remettre ensuite à des procédures de traitement relativement

> automatiques pour trouver la solution. Il faut ainsi renoncer à calculer les inconnues intermédiaires, et éviter de se préoccuper du sens des grandeurs exprimées à tel ou tel moment de la résolution algébrique. » (Vergnaud, 1989).

Enfin, quelques études plus récentes prennent en compte la situation de classe et le professeur comme dans les thèses de Coulange (2000) ou Lenfant (2002).

Etude des programmes du collège (BO n°6 du 19 avril 2007)

En France, depuis quelques années, les programmes de mathématiques du collège ne sont pas développés de façon linéaire comme ils ont pu l'être à d'autres époques notamment au moment de la réforme des mathématiques modernes. Un même notion est vue et revue à différents moments et complétée chaque année. De nouveaux types de tâches apparaissent admettant des techniques différentes (c'est le cas pour la résolution d'équations) ou bien la palette des objets étudiés est enrichie (les nombres entiers puis relatifs) ou encore d'autres aspects d'une même notion sont pris en compte (par exemple, les fractions peuvent être vues comme des nombres ou comme des opérateurs). Cette construction des programmes a certainement des avantages (pouvoir revenir plusieurs fois et avec des regards différents sur une même notion) mais elle favorise aussi une certaine dispersion des notions et peut empêcher de faire les liens entre les notions abordées ou leur utilisation : par exemple, sur le calcul algébrique, on n'aborde pas en même temps développement et factorisation. Ainsi la distributivité de la multiplication sur l'addition est vue en classe de 5ème, le développement des expressions littérales est explicitement au programme de la classe de 4ème et la factorisation de celle de 3ème.

De plus, chaque année, les quatre grands thèmes suivants organisent l'étude, et on peut repérer dans chacun de ces paragraphes des notions qui relèvent de l'algébrique :

1. Organisation et gestion de données, fonctions ;
2. Nombres et calculs ;
3. Géométrie ;
4. Grandeurs et mesures.

Par exemple, en classe de 5ème, on trouve dans la première partie des références aux fonctions, à la notion de variable et aux expressions littérales *« utiliser et produire une expression littérale »* et dans la partie 2, des indications sur les règles de calcul littéral. A travers cet exemple, on peut donc voir, d'une part que les notions algébriques sont disséminées dans les différentes parties et que d'autre part, le calcul littéral étant inclus dans la partie « Nombres et calculs », il semblerait que celui-ci serait vu comme la généralisation du calcul numérique, ce qui tendrait à prouver que la question de la rupture entre arithmétique et algèbre n'est pas prise en compte.

> Partie 1 « Il est possible d'envisager, dans une formule, des variations d'une grandeur en fonction d'une autre grandeur, toute autre variable étant fixée, par exemple dans le cas :
>
> - de la longueur d'un arc de cercle
> - de l'aire d'un triangle, d'un parallélogramme, d'un disque, d'un secteur circulaire
> - du volume ou de l'aire latérale d'un cylindre ou d'un prisme droit. »
>
> Partie 2 : « Sur des exemples numériques ou littéraux, utiliser les égalités k(a -+b) = ka + kb et k(a -b) = ka – kb dans les deux sens. »

Enfin, jusqu'à présent les processus de preuve en algèbre étaient peu mis en avant, cependant, il semble que les concepteurs des programmes aient pris conscience de ce fait puisqu'on trouve dans les nouveaux programmes de 4ème une injonction à l' « *utilisation du calcul littéral pour prouver un résultat général* ».

Etude des manuels scolaires

Nous avons analysé six manuels des classes de 5ème (année 2006) et de 4ème (année 2007) et nous avons repris les résultats de El Mouhayar (2007) sur les manuels de 5ème et 4ème des années 2001 et 2002. Ces deux études montrent le même phénomène de dispersion des notions algébriques dans les chapitres des manuels. Par exemple, en classe de 5ème, dans la plupart des manuels, le premier chapitre est consacré aux règles de calcul et aux priorités opératoires sur les nombres décimaux positifs, et on voit apparaître, à la fin, une partie consacrée au calcul littéral, dans laquelle on manipule des expressions littérales sans avoir justifier la nécessité d'introduire une lettre.

Nous avons également constaté un déficit de ce que nous appelons des *tâches unificatrices* qui monteraient notamment le caractère outil de modélisation de l'algèbre. L'étude de El Mouhayar (ibid.) montre qu'en calcul littéral, suivant la forme de l'expression, on n'emploie pas la même consigne pour les types de tâches de développement : on peut trouver notamment « développer », « réduire », « supprimer les parenthèses ».

De plus nous avons repéré un grand nombre de tâches peu finalisées qui donnent certainement aux élèves l'impression que l'algèbre se réduit à un travail technique sans but. Par exemple, « Tester une égalité » explicitement désignée dans les programmes de la classe de 5ème, devient un type de tâches à part entière. Or nous pensons que cela devrait correspondre plutôt à une incitation à employer des procédures de vérification (Coppé, 1993). Ainsi, il nous semble que travailler sur les vérifications permet, au-delà de savoir si les résultats sont plausibles pour l'élève, de donner du sens notamment à la notion de variable (Chalancon et al., 2002).

Il y a peu d'indications sur des éléments théoriques qui justifieraient les techniques. Les théorèmes et les règles ne sont pas mis en avant. De plus, les propriétés sont présentées sans quantificateurs, ce qui ne permet pas aux élèves de bien connaître leur domaine de validité. Ceci est particulièrement vrai pour la propriété de distributivité qui est présentée au mieux comme une règle et au pire sans indications (seul le fait qu'elle soit encadrée peut donner l'idée aux élèves que c'est une propriété importante). Enfin nous avons constaté qu'un nombre important d'objets paramathématiques (au sens de Chevallard, 1985) comme « expression littérale, égalité, équations, expressions égales, développer, factoriser ou réduire » sont introduits avec des définitions qui ne semblent pas permettre de donner des éléments de validation des réponses et des procédures. C'est le cas de la définition *« Réduire une expression littérale, c'est l'écrire avec le moins de termes possible »* que l'on trouve dans plusieurs manuels. Il y a donc selon nous, un déficit d'éléments théoriques au niveau de l'enseignement de l'algèbre élémentaire au collège.

La plupart des problèmes se rencontrent dans le chapitre sur les équations. Or, on peut constater que les problèmes posés aux élèves ne nécessitent pas toujours le recours à l'introduction d'une équation, car ils peuvent facilement être résolus par d'autres méthodes, notamment arithmétiques. Enfin, la plupart du temps, on indique quelle est l'inconnue qui doit être introduite sous la forme « appelle x… ». Voici un exemple assez fréquent d'un problème qui ne nécessite pas une mise en équation :

> Je pense à un nombre, je lui ajoute 34, je multiplie par 7 le résultat et je trouve 112. Quel était le nombre de départ ?

Ce problème peut être facilement résolu par une procédure qui consiste à "remonter" les calculs 112 : 7 = 16 et 16 – 34 = -18. Ainsi, on voit bien que l'introduction d'une lettre et d'une équation n'est pas une procédure indispensable pour cet exercice. Or, ce type d'exercice est souvent celui choisi par les manuels pour introduire les équations. Enfin, très souvent, les nombres qui interviennent dans les problèmes sont des entiers et la solution est

souvent, elle aussi, un nombre entier peu élevé, ce qui permet et renforce des procédures par essais peu coûteuses.

De la même façon, concernant les systèmes d'équations, Coulange (1997) a montré une grande uniformité sur la forme des problèmes qui peuvent être résolus par un système qui entraîne des effets de contrat importants et qui laisserait penser que mettre en équation se fait comme une simple traduction pas à pas de l'énoncé.

Une étude sur la préparation des séances de classe

Nous avons fait une étude sur la façon dont les professeurs de mathématiques stagiaires de collège et de lycée, en fin de formation initiale, préparaient leurs séances de classe (Coppé, 2007). Pour cela, nous avons utilisé la technique de l'entretien d'explicitation qui vise à faire raconter comment un professeur a préparé un cours donné et situé dans le temps. Cette étude, qui partait de l'hypothèse que pour préparer leurs séances de classe, les professeurs devaient mobiliser et articuler diverses connaissances relevant de différents types (voir Schulman, 1986) avait pour but de mettre en évidence des régularités et des divergences chez les professeurs interrogés. Nous avons montré que :

- les professeurs ont développé une connaissance importante des programmes qu'ils utilisent pour leur travail de préparation ;
- leurs connaissances mathématiques sont utilisées dans un but de résolution d'exercices mais assez peu pour l'élaboration d'activités pertinentes pour les apprentissages des élèves ;
- des éléments de connaissances didactiques peuvent être relevés dans le discours ;
- les connaissances portant sur les élèves sont prises en compte de façon différente suivant les professeurs, et cela certainement en fonction du public.

Plus particulièrement, nous avons mis en évidence le rôle primordial des manuels et leur utilisation particulière. Ainsi, il semblerait que le travail de préparation consiste à choisir parmi quelques (voire de nombreux) manuels (ou Internet) un plan, des parties de synthèse ou des activités (pas forcément dans cet ordre, la recherche d'activités pouvant précéder celle de la synthèse) qui conviennent en fonction de critères portant majoritairement sur la forme, la clarté. On pourrait comparer ce travail à la réalisation d'un puzzle dans lequel on agence des pièces déjà fournies sans les modifier.

Ce dernier point nous paraît important pour l'élaboration du site. Ainsi, les professeurs interrogés reprennent tels quelles les parties de cours ou les exercices sans se donner le droit de les modifier. Or, on peut penser que les connaissances mathématiques des professeurs leur permettraient de le faire. Il y a donc d'autres raisons qui nous permettent d'interpréter ce phénomène : le rapport aux livres dans la vie courante, qui ne favoriserait pas le droit de modification d'une œuvre ou bien l'idée que les manuels scolaires ont un caractère institutionnel qui empêcherait leur remise en cause ou enfin la représentation du métier de professeur qui n'intègrerait pas l'idée de créer des exercices.

Conclusion

Ces analyses nous conduisent à penser que l'enseignement de l'algèbre au collège semble peu problématisé, qu'il est souvent rabattu sur de la technique algébrique, que les éléments technologico-théoriques sont absents ou peu identifiés, que les questions de continuité et rupture entre arithmétique et algèbre sont peu prises en compte, que les erreurs des élèves sont peu reconnues et analysées par les professeurs. Il y a un risque que, dans les classes, les professeurs suivent le découpage des manuels, ne proposent pas des problèmes où le caractère

outil de modélisation ou de preuve est mis en avant ne prennent pas en compte les questions de validation ou de vérification.

Enfin, l'étude sur la préparation des séances de classe montre que, si nous voulons que les ressources du site deviennent opérationnelles pour les professeurs, il est nécessaire, soit de ne pas rompre trop fortement avec l'utilisation qui est faite des manuels, soit de donner des explications qui permettent de comprendre pourquoi nous ne faisons les mêmes choix et comment on peut utiliser les scénarios proposées, notamment pour favoriser l'activité des élèves.

PRESENTATION DU SITE

Les documents élaborés et diffusés sur le site visent donc à permettre aux professeurs de mettre en place des activités dans les classes prenant en compte ces différentes questions. Cependant, nous pensons qu'ils ne doivent pas se réduire, comme dans les manuels, aux textes des problèmes. Nous avons donc rajouté d'autres documents :

- une liste de sept principes qui guident nos choix d'activités à mettre en œuvre dans les classes,
- des écrits théoriques que nous rédigeons provenant notamment des travaux de recherche sur l'algèbre,
- des analyses de programmes,
- des éléments concernant les contenus,
- des éléments concernant la gestion de la classe,
- une bibliographie des travaux sur l'algèbre,
- des activités à mettre en œuvre dans les classes,
- des propositions de séquences de classe (plusieurs activités enchaînées),
- très récemment, des propositions de plan et d'enchaînement des activités proposées par classe.

L'entrée dans le site peut se faire à plusieurs niveaux : par les principes, par des thèmes mathématiques et par les activités, ou par niveau de classe.

Dans les propositions d'activités pour la classe, nous présentons les problèmes en dégageant clairement leur(s) objectif(s) et nous justifions certains choix de variables didactiques. Nous les situons par rapport aux principes, nous faisons des propositions de déroulement (scénario de classe), nous donnons des descriptions de procédures d'élèves et des prolongements possibles. Tous ces commentaires doivent permettre au professeur de s'approprier le problème posé avec toutes ses caractéristiques, notamment les choix des variables didactiques et des éléments de gestion de classe. Les descriptions de procédures d'élèves (dont la plupart ont été observées dans les classes) doivent permettre au professeur de mieux comprendre les enjeux des activités proposées et d'anticiper les réactions des élèves. Ainsi, pour chaque activité, nous rédigeons une fiche sur le modèle suivant :

- texte du problème,
- but, objectif, lien avec les principes,
- mise en œuvre,
- analyse du problème et des choix faits,
- institutionnalisation possible,
- productions, réponses possibles des élèves,
- prolongements possibles.

L'explicitation des liens de chaque activité avec les principes doit permettre à la fois une meilleure appropriation de ceux-ci et de mieux comprendre comment des éléments théoriques peuvent être pris en compte dans la conception de séances de classe.

Donner à voir des réponses ou des procédures d'élèves doit favoriser une meilleure compréhension de la tâche et surtout inciter le professeur « utilisateur du site » à essayer de proposer les séances de classe.
Nous proposons systématiquement des prolongements aux problèmes initiaux. Cela permet d'enrichir le problème mais également de favoriser les liens entre différentes notions. Par exemple, pour les activités qui figurent dans la rubrique « Introduction de la lettre », nous choisissons des problèmes qui nous permettent de produire, de vérifier, puis d'utiliser des expressions littérales pour résoudre des équations par exemple. Dans ce sens, nous sommes en rupture avec les manuels scolaires qui proposent des tâches plus isolées.

Présentation des principes

Voici les sept principes énoncés qui nous paraissent essentiels pour permettre un enseignement de l'algèbre qui montre aux élèves l'utilité et la force de l'outil algébrique. Ceux-ci sont de deux types : 1 et 3 sont plus généraux, ils concernent tout l'enseignement des mathématiques au collège et au lycée ; les autres sont plus spécifiques à l'algèbre. Nous présentons en Annexe 1 le texte qui est sur le site, il est complété par un texte plus long (rubrique « En savoir plus ») qui explicite certains points.

1 - Proposer aux élèves des problèmes dans lesquels l'emploi des lettres (ou autre symbole) paraît, sinon indispensable, utile et performant pour résoudre le problème.

Ce premier principe général se fonde sur l'idée que l'on construit ses connaissances en résolvant des problèmes pour lesquels nos connaissances anciennes se révèlent insuffisantes ou inadaptées, et nécessitent la création de nouveaux outils qui seront, à leur tour, transformés en objets de connaissance dans le cadre de l'enseignement. Nous pensons que ce jeu entre, d'une part, connaissances anciennes et nouvelles et, d'autre part, le statut d'outil pour résoudre des problèmes et d'objet de connaissance, se révèle à la base de notre enseignement actuel en France mais qu'il a du mal à se traduire de façon effective dans les classes. On retrouve là, bien sûr, des fondements de la didactique des mathématiques (Brousseau, 1989, Douady, 1989).

2 – Ne pas désigner trop tôt les quantités inconnues ou variables par une (ou des) lettre(s). Laisser les élèves ressentir la nécessité de leur introduction plutôt que de les donner a priori.

Nous avons montré dans l'analyse des manuels que souvent les problèmes proposés aux élèves ne nécessitaient pas l'utilisation de l'outil algébrique, notamment dans le cas des équations ou inéquations. Ce principe constitue la suite du précédent, mais il est adapté au contenu mathématique. Nous avons voulu aller contre une tendance actuelle à découper les problèmes et à les rendre très fermés (Betton et Coppé, 2005), ce qui est particulièrement vrai dans le cas des équations et des fonctions. A travers ce principe, nous voulons aussi pointer les spécificités et les différences entre le raisonnement algébrique et le raisonnement arithmétique afin, d'une part, de laisser les élèves mettre en place différents types de raisonnement et, d'autre part, de trouver des problèmes qu'on peut plus difficilement résoudre par des méthodes arithmétiques. C'est pourquoi nous avons explicitement présenté des activités que nous avons intitulées « Introduction de la lettre » avec ses différentes fonctions et utilisé les notions de problèmes connectés et déconnectés (Bednarz et Janvier, 1996) pour élaborer des séances d'introduction aux équations.

> Problèmes connectés : « une relation peut être facilement établie entre deux données connues, introduisant alors un raisonnement possible de type arithmétique s'articulant sur les données connues du problème pour aboutir en fin de processus à la donnée inconnue »
> Problèmes déconnectés : « aucun pont ne peut être établi a priori directement entre les données

connues » (Bednarz et al. ibid.)

3 – Favoriser les liens entre des textes en langage naturel, des expressions numériques et des représentations géométriques pour donner du sens à certaines expressions algébriques

Nous voulons mettre en avant la question des différents *cadres* (Douady, 1986) ou *registres de représentation sémiotiques* (Duval, 1993). Nous voulons ainsi attirer l'attention sur les problèmes posés par les activités de *traitement* dans les différents registres ou représentations (langue naturelle, écritures algébriques et dessins géométriques) et par celles de *conversion* d'un registre à l'autre. Or, souvent on pense que conversion signifie simple traduction, ce qui est faux et on sait bien que les élèves ont du mal à passer de la représentation d'un objet à une autre.

En considérant que l'algèbre est aussi un langage symbolique avec des règles spécifiques, nous souhaitons également travailler les deux aspects *sens* et *dénotation* d'une expression (Drouhard, 1992) au travers des formulations demandées.

A l'occasion de certains problèmes, nous apprenons aux élèves à désigner par une écriture symbolique (et nous institutionnalisons ces écritures) certaines propriétés des nombres : un nombre pair, un nombre divisible par 5, un nombre entier et son suivant, etc.

Enfin nous avons introduit une rubrique intitulée « Problèmes de synthèse » dans laquelle nous proposons des problèmes qui peuvent être résolus dans différents cadres, qui peuvent évoluer par un jeu sur les variables didactiques et donc qui peuvent être proposés à différents niveaux de classe.

4 - Travailler sur les vérifications qui donnent du sens aux notions

Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, ce point nous paraît extrêmement important et relativement nouveau dans sa prise en compte institutionnelle. Dans les programmes de collège depuis 2005, il est indiqué : *« contrôler ou anticiper des résultats par des calculs mentaux approchés».* Ici, apparaît le terme « contrôle » qui, pour nous, englobe les vérifications. Dans le programme de la classe de 5e, il apparaît : *« Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques données ».*

Dans le programme de 4e, on indique que *« le test d'une égalité par substitutions de valeurs numériques aux lettres prend tout son intérêt ».* Même si le terme vérifier n'est pas utilisé, nous pensons qu'il s'agit ici de faire une vérification des calculs littéraux. Enfin dans le programme de 2nde, il est encore indiqué *: « on explicitera quelques procédures simples permettant d'infirmer ou de confirmer une formule ».*

Pour aller dans ce sens, nous avons élaboré des activités de calcul mental algébrique qui prennent en compte cette question de test d'égalité.

5 – Travailler sur la notion de formule qui prépare la notion de fonction

Par ce principe, nous voulons souligner que, d'une part, le travail algébrique est une notion unificatrice du programme de collège et que, d'autre part, l'entrée dans l'algèbre ne se fait pas seulement en classe de 4e même si, bien sûr, un travail important est fait durant cette année qui constitue un moment d'unification et de synthèse de notions déjà vues.

Pour les classes de 6e/5e, cela paraît moins évident. Or, selon nous, ce sont les formules qui peuvent faire ce lien. En effet, les élèves connaissent des formules depuis l'école primaire même si leur place a été réduite à l'école primaire depuis les années 1970, et encore davantage avec les programmes de 2002 puisque le formulaire pour les aires a été supprimé.

Pour eux, c'est un procédé de calcul qui fournit un résultat numérique lorsqu'on affecte à la (ou aux) "lettre(s)" une ou des valeurs numériques. Nous pensons donc qu'à travers cela les élèves ont déjà rencontré l'idée de variable. Il nous semble donc important d'exploiter dans des exercices le lien avec les formules, soit en donnant des formules aux élèves et en faisant calculer et représenter graphiquement, soit en faisant établir des formules à partir de problèmes.

Nous avons d'ailleurs constaté dans les activités d'introduction de la lettre que les élèves utilisaient spontanément ce terme pour désigner les écritures produites soit pour établir une formule générale, soit pour produire une équation.

6 – Ne pas négliger la notion de preuve en algèbre

Comme nous l'avons précisé plus haut, il nous semble que les problèmes de preuve en algèbre sont assez peu présents dans les manuels et certainement dans les classes. Nous avons donc voulu écrire un principe explicite pour développer les problèmes amenant à prouver des résultats. Ainsi nous avons créé une rubrique sur le site portant sur les problèmes de preuve à proposer dans toutes les classes du collège.

7 – Ne pas négliger les justifications des calculs par l'utilisation de règles algébriques

Là encore ce principe vise à prendre en compte dans la pratique des professeurs la question des éléments théoriques qui permettent de justifier les calculs algébriques. Pour illustrer ce point, nous prendrons comme exemple la formule de la distributivité de la multiplication sur l'addition qui est introduite formellement en classe de 5e, mais pour laquelle il n'y a que peu de types de tâches en lien. Elle risque donc d'être assez vite oubliée par les élèves puisqu'ils ne voient pas son utilité. Or, c'est elle qui permet de justifier toutes les règles de calcul littéral, de développement et de factorisation. Il revient donc au professeur de faire vivre cette formule pour qu'elle prenne tout son sens, c'est–à–dire autrement que pour faire des calculs de différentes façons (ce qui est essentiellement le cas actuellement).

Nous pensons que, contrairement à la géométrie où un travail important est fait pour exiger des justifications par des théorèmes, en algèbre, la question de la justification des règles de calcul n'est pas vraiment posée. En effet, on cherche à donner aux élèves des automatismes de calcul, ce qui est légitime. Or, un automatisme de calcul est fait pour être appliqué sans avoir à justifier les différentes étapes (c'est ce qui fait qu'il est rapide et performant). Mais on sait bien que pour contrôler les procédures de calcul, il est nécessaire d'avoir des éléments théoriques. On peut mettre en lien ce déficit de justification avec le développement des définitions d'objets paramathématiques que nous avons évoqués plus haut.

Un exemple de problème proposé

Nous donnons le texte en Annexe 2. Il s'agit d'une activité de preuve d'une formule générale. D'ailleurs dans les questions posées aux élèves nous utilisons bien ce terme. Nous avons veillé à faire trouver la formule générale par les élèves plutôt que de la donner, ce qui permet de favoriser l'écriture dans un registre symbolique (nous n'excluons pas la langue naturelle, mais ce serait complexe).

Cette activité a été réalisée en classe et nous avons pu ainsi nous rendre compte des difficultés des élèves, notamment en ce qui concerne la désignation d'un nombre et son suivant. En revanche, les élèves ont bien accepté le fait de prouver cette formule et ne se sont pas contentés de quelques exemples. Un autre point difficile pour les élèves a été le calcul sur les fractions qui a été un obstacle au passage à l'écriture de la formule.

Nous pensons qu'il est important de donner à voir ces commentaires au professeur qui souhaite proposer ce problème à sa classe pour qu'il comprenne dans quel esprit nous lui proposons ce travail et pour lui permettre d'anticiper les réactions des élèves en restant ouvert à différentes procédures. Ainsi, nous pensons que donner à voir des réponses ou des procédures d'élèves (éventuellement commentées) devrait permettre aux professeurs de changer leur regard sur les apprentissages des élèves. De même, donner aussi des éléments de gestion de classe (temps, organisation de la classe, synthèse) doit permettre de garder la cohérence entre le travail attendu des élèves et les modalités choisies par le professeur. Nous faisons l'hypothèse forte que ces informations sont essentielles pour l'appropriation des activités proposées et, à plus long terme, pour la formation continue des professeurs.

À noter également que nous proposons une synthèse qui indique les connaissances décontextualisées qui peuvent être mises en avant à partir de ce problème singulier.

Enfin nous tentons, quand c'est possible, de proposer des prolongements afin d'enrichir les problèmes, de faire des liens entre différentes notions, plutôt que de travailler uniquement un type de tâches.

CONCLUSION

Nous avons présenté ce site pour les professeurs ou les formateurs, et nous sommes bien consciente que ce n'est que le début d'un travail. Pour le moment, ce site et son architecture sont en évolution à la fois pour les rubriques et pour les activités proposées. Une première conclusion est que la création d'un site et son alimentation demandent un travail très important et des moyens pour les professeurs impliqués. De plus, comme nous avons fait le choix d'expérimenter tous les problèmes, nous sommes tributaires de contraintes institutionnelles comme les programmes et le temps d'enseignement.

Le travail autour de ce site ouvre des questions de recherche sur la nature des documents à proposer pour une véritable appropriation non seulement des documents pour la classe mais aussi des références théoriques sur les apprentissages et sur l'enseignement de l'algèbre. Nous faisons l'hypothèse que travailler à la fois sur les activités de classe et sur des éléments théoriques est une façon de participer à la formation continue des professeurs. Une autre question concerne le niveau de description et d'explicitation des séances de classe : jusqu'où doit-on aller dans la description des problèmes, le détail des consignes, les documents des élèves ? Bref, que doivent contenir les scénarios proposés pour être utilisés ?

Notre réflexion actuelle oriente notre travail vers la production de types de problèmes plutôt que d'une multitude de problèmes isolés. Ainsi, l'idée serait de travailler à partir des problèmes déjà sur le site pour, d'une part, les enrichir, en créer d'autres par un jeu sur les variables, sur les registres, sur les consignes données, les mettre en lien, et d'autre part, affiner, modifier les principes pour amorcer une réflexion chez les professeurs qui utilisent les documents pour qu'ils puissent ensuite eux-mêmes en produire d'autres.

Enfin, nous pensons faire une étude sur la façon dont les professeurs s'approprient ces documents. Est-ce une simple appropriation ou un vrai travail de formation ? Dans ce cas, faut-il organiser des séances de formation en parallèle pour compléter, approfondir ? Quel travail faire avec, contre, sans les manuels ? Est-ce que le travail autour des séances d'algèbre au collège peut avoir des effets dans d'autres champs de connaissances ?

REFERENCES

Behr, M., Erlwanger, S., Nichols, E. (1980). How children view the equals sign. *Mathematics Teaching*, **Vol 92,** 13-15.

Bednarz, N., Janvier, B. (1996). Emergence and development of algebra as a problem-solving tool: continuities and discontinuities with arithmetic. In Sutherland, R. (ed). *Approaches to algebra, perspectives for research and teaching*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers.

Betton, S., Coppé, S. (2005). Favoriser l'activité mathématique dans la classe : ouvrir les problèmes. *Bulletin de l'association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public* **461,** 733-748.

Booth, L. (1985). Erreurs et incompréhensions en algèbre élémentaire. *Petit x*, **5**, 5-17.

Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques* **vol 7/2,** 33-116.

Chalancon, F., Coppé, S. & Pascal, N. (2002). Les vérifications dans les équations, inéquations et en calcul littéral. *Petit x* **59,** 23-41.

Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique du savoir savant au savoir enseigné.* Grenoble : La Pensée sauvage.

Chevallard, Y. (1985 bis). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Première partie. *Petit x* **5,** 51-94.

Chevallard, Y. (1989). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Deuxième partie. *Petit x* **19,**.43-75.

Chevallard, Y. (1990). Le passage de l'arithmétique à l'algèbre dans l'enseignement des mathématiques au collège. Troisième partie. *Petit x* **30,** 5-38.

Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactiques des mathématiques : L'approche Anthropologique. La notion d'organisation praxéologique. *Analyse des pratiques enseignantes et didactiques des mathématiques*. 119-140. Actes de l'Université d'été de didactique de La Rochelle.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. Recherches en didactique des mathématiques **vol 19/ 2,** 221-266.

Combier, G., Guillaume, J. C., Pressiat, A. (1996). Les débuts de l'algèbre au collège. Au pied de la lettre. INRP.

Coppé, S. (1993). Processus de vérification en mathématiques chez les élèves de première scientifique en situation de devoir surveillé. Thèse de l'Université Claude Bernard. Lyon I..

Coppé, S. (2007). Les connaissances antérieures des professeurs de mathématiques à travers la préparation de séances de classe. Cas de stagiaires en fin de formation initiale. Actes du séminaire national de didactique des mathématiques. Paris Janvier 2006, 139-168. Paris : IREM Paris 7.

Coulange, L. (1997). Les problèmes "concrets" à mettre en équation dans l'enseignement. *Petit x* **47**, 33-58.

Coulange, L. (2000). Etude des pratiques du professeur du double point de vue écologique et économique. Cas de l'enseignement des systèmes d'équations et de la mise en équations en classe de troisième. Thèse de l'Université de Grenoble.

Douady, R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques*. **Vol. 7/2**, 5-31.

Drouhard, J. P. (1992). Les écritures symboliques de l'algèbre élémentaire. Thèse de l'Université de Paris 7.

Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de Science Cognitives* **5,** 37-65.

El Mouhayar, R. (2007). Etude des pratiques d'enseignement des mathématiques au niveau de l'école moyenne (11-15) dans le cas de l'algèbre en France et au Liban. Thèse de l'Université Lumière Lyon 2.

Gascon, J. (1994). Un nouveau modèle de l'algèbre élémentaire comme alternance à « l'arithmétique généralisée ». *Petit x* **37,** 43-63.

Grugeon, B. (1995). Étude des rapports institutionnels et des rapports personnels des élèves à l'algèbre élémentaire dans la transition entre deux cycles d'enseignement : BEP et Première G. Thèse de l'Université de Paris VII.

Kieran, C. (1990). Cognitive processes involved in learning school algebra. In *Mathematics and cognition. A research synthesis by the international group for the psychology of mathematics education.* P. Nesher et J. Kilpatrick Edits. Cambridge University Press.

Kirshner D, Awtry, T. (2004). Visual Salience of algebraic transformations. Journal for research in mathematics Education, Vol 35/4, 224-237.

Lenfant, A. (2002). De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre des professeurs stagiaires. Thèse de l'Université de Paris 7.

Schmidt, S. (1996). La résolution de problèmes, un lieu privilégié pour une articulation fructueuse entre arithmétique et algèbre. *Revue des sciences de l'éducation* **vol XXII, n° 2**.

Schmidt, S., Bednarz, N. (1997). Raisonnements arithmétiques et algébriques dans un contexte de résolution de problèmes : Difficultés rencontrées par les futurs enseignants. *Educational studies in mathematics*, **vol 32/2**.

Shulmann, L.S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 2.

Vergnaud, G. (1988). Long terme et court terme dans l'apprentissage de l'algèbre. In *Actes du colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique.* Textes réunis par C. Laborde. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Vergnaud, G. (1989). Difficultés conceptuelles, erreurs didactiques et vrais obstacles épistémologiques dans l'apprentissage des mathématiques. In *Construction des savoirs. Obstacles et conflits*. N. Bednarz et C. Garnier Edits. CIRADE.

ANNEXE 1

Quelques éléments qui fondent les choix de situations d'introduction de l'algèbre au collège et en classe de seconde.

1 - Proposer aux élèves des problèmes dans lesquels l'emploi des lettres (ou autre symbole) paraît sinon indispensable mais utile, performant pour résoudre le problème.

Ce premier principe n'est pas spécifique de l'algèbre. En effet depuis trente ans, en s'appuyant sur les travaux de Piaget, de Bachelard et de Vigotsky, les recherches en didactique des mathématiques mettent en avant la notion de problèmes. Ainsi, ces recherches se fondent sur l'idée, que l'on construit ses connaissances en résolvant des problèmes pour lesquels nos connaissances anciennes se révèlent insuffisantes ou inadaptées et nécessitent la création de nouveaux outils qui seront, à leur tour, transformés en objets de connaissance dans le cadre de l'enseignement.

Nous pensons que ce jeu entre connaissances anciennes et nouvelles et entre le statut d'outil pour résoudre des problèmes et d'objet de connaissances est à la base de notre enseignement.

Pour l'algèbre, nous pouvons traduire de façon plus concrète cette première position théorique : il nous semble important de proposer aux élèves des problèmes qui nécessitent l'emploi de lettres non pas parce que le professeur le demande mais parce que cela aide à la résolution du problème ou bien cela permet de résoudre une série de problèmes semblables du point de vue de la structure mathématique.

Ces problèmes peuvent déboucher soit sur une résolution d'équation soit sur l'introduction du calcul littéral. Ainsi nous pensons que, pour l'élève, la lettre n'apparaîtra pas seulement comme une écriture, un symbole qui remplace un nombre, et que le professeur ne désigne plus par une écriture numérique, mais qu'elle apparaîtra plus rapidement comme une variable (ou une inconnue). Nous voulons montrer aux élèves que la lettre ne remplace pas seulement un nombre singulier, mais tout un ensemble de nombres.

2 – Ne pas désigner trop tôt les quantités inconnues ou variables par une (ou des) lettre(s). Laisser les élèves ressentir la nécessité de leur introduction plutôt que de les donner a priori.

Ce principe constitue la suite du principe précédent. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des équations et dans le cas des fonctions.

L'analyse des manuels montre que la plupart des exercices imposent à l'élève l'emploi des lettres sans que cela soit indispensable pour lui, compte-tenu de ses connaissances mathématiques à ce moment-là. Dans ce cas, nous pensons que l'élève va utiliser une lettre (par exemple, pour mettre en équation) sans voir l'utilité de cette résolution par les équations (en fait il pourrait résoudre le problème par une autre méthode aussi efficace).

De plus, si l'on veut montrer à l'élève la puissance du raisonnement algébrique, il est important de lui donner des problèmes qu'il a du mal à résoudre par d'autres méthodes, arithmétiques, par exemple.

Il est donc important de connaître les spécificités et les différences entre le raisonnement algébrique et le raisonnement arithmétique.

3 – Favoriser les liens entre des textes en langage naturel, des expressions numériques et des représentations géométriques pour donner du sens à certaines expressions algébriques

L'algèbre permet de modéliser des problèmes mais c'est aussi un langage symbolique avec des règles spécifiques.

R. Duval définit et utilise la notion de registre sémiotique. Ainsi un objet (mathématique pour nous) peut être représenté dans différents registres (décrit en langue naturelle, illustré par un dessin, défini dans un langage symbolique). Chaque registre permet de travailler sur l'objet d'une façon particulière associée à ce registre, mais l'objet n'est jamais la somme de ses représentations dans les divers registres.

Un exemple assez simple est celui des fonctions : ainsi on peut définir une fonction à l'aide d'une phrase en langue naturelle (par exemple, la vitesse est fonction du temps) à l'aide d'une formule algébrique, d'une courbe, d'un tableau de valeurs, d'un graphe, etc. Or, ces registres ne sont pas tous équivalents et nous ne pouvons pas travailler de la même façon dans chacun.

En ce qui concerne l'algèbre, nous pensons qu'il est important de trouver des activités qui vont permettre de travailler les passages entre la langue naturelle, les écritures algébriques et les dessins géométriques.

4 - Travailler sur les vérifications qui donnent du sens aux notions

Ce point nous paraît extrêmement important : dans les programmes de collège, classe de 6ème, il est indiqué : *"fournir aux élèves aussi souvent que possible, des occasions de contrôle de leurs résultats"* avec un exemple : *"contrôler des calculs à la machine par des calculs mentaux approchés."* Ici apparaît le terme "contrôle" qui, pour nous, englobe les vérifications.

Dans le programme de 5ème, *"Tester si une égalité comportant un ou deux nombres indéterminés est vraie lorsqu'on leur attribue des valeurs numériques données"*.

Nous interprétons cette injonction de deux façons : inciter les élèves à vérifier, et leur faire rencontre la notion de variable.

En effet, en testant une égalité, c'est–à-dire en remplaçant la (les) "lettre(s)" par des nombres et en répétant cette opération pour plusieurs nombres, on indique à l'élève que cette lettre représente bien un nombre qui varie et qu'alors la phrase mathématique obtenue est vraie ou fausse. Il y a donc là un double travail tout à fait important pour favoriser la compréhension des élèves et leur entrée dans l'algébrique. Il nous semble tout à fait important que le professeur mette en place dans la classe des types d'exercices qui favorisent ce lien.

Dans le programme de 4ème, on reprend la même phrase et il est stipulé que l'élève doit *"savoir tester un développement ou une factorisation d'une expression littérale par des substitutions de valeurs numériques à la variable en jeu."* Même si le terme vérifier n'est pas utilisé, nous pensons qu'il s'agit ici de faire une vérification des calculs littéraux.

Dans le programme de 2nde, il est encore indiqué *"on explicitera quelques procédures simples permettant d'infirmer ou de confirmer une formule"*.

5 – Travailler sur la notion de formule qui prépare la notion de fonction

Nous pensons que le travail algébrique est une notion unificatrice du programme de collège. Ainsi, l'étude des programmes montre que l'entrée dans l'algèbre ne se fait pas seulement en classe de 4ème même si, bien sûr, un travail important est fait durant cette année qui constitue un moment d'unification et de synthèse de notions déjà vues. Les liens avec la classe de troisième sont certainement faits par les notions de développement/factorisation et par équations/inéquations.

Pour les classes de 6ème/5^{ème,}, cela paraît moins évident. Or, pour nous, ce qui fait un lien ce sont les formules. En effet, les élèves connaissent des formules depuis l'école primaire (même si leur place a été réduite à l'école primaire depuis les années 1970 (et encore davantage avec

les programmes de 2002 puisque le formulaire pour les aires a été supprimé) les élèves voient et utilisent des formules, notamment de périmètre et d'aire pour le rectangle et le cercle/disque.

Pour eux c'est un procédé de calcul qui fournit un résultat numérique lorsqu'on affecte à la (ou aux) "lettre(s)" une ou des valeur(s) numériques. Donc nous pensons qu'à travers cela les élèves ont déjà rencontré l'idée de variable. Il nous semble donc important d'exploiter, dans des exercices le lien avec les formules :

en donnant des formules aux élèves et en faisant calculer et représenter graphiquement

en faisant établir des formules à partir de problèmes.

6 – Ne pas négliger la notion de preuve en algèbre

Si nous adhérons au point de vue précédent, nous pensons également qu'il faut proposer des types de tâches donnant à voir, à prouver des égalités vraies pour tout x dans un ensemble de nombres. Ainsi nous pensons que les activités de preuve par l'outil algébrique sont des types de tâches qui vont permettre à l'élève tout d'abord de faire des conjectures en utilisant la lettre comme remplaçant n'importe quel nombre d'un ensemble donné. Puis de prouver ces conjectures en utilisant les règles du calcul algébrique qui fonctionneront bien alors comme des théorèmes avec le même statut qu'en géométrie.

En effet, il est étonnant de constater qu'un travail didactique important est fait pour les démonstrations en géométrie, en exigeant notamment l'énoncé explicite des théorèmes ; or ce travail n'est pas repris en algèbre comme si les règles, les théorèmes étaient alors moins importants ou comme si le calcul fonctionnait sans règles.

Bien sûr, nous touchons là un point important qui concerne les automatismes de calcul. D'une part, il est important que les élèves acquièrent des automatismes de calcul qui leur permettent de faire des calculs rapidement sans avoir à citer les règles : c'est le propre des automatismes. Mais d'autre part, on peut penser que durant l'apprentissage des règles du calcul algébrique, le professeur porte une attention particulière à la justification des calculs par les règles.

7 – Ne pas négliger les justifications des calculs par l'utilisation de règles algébriques

Reprendrons comme exemple la formule de la distributivité qui est introduite formellement en 5ème mais pour laquelle il n'y a que peu de types de tâches en lien et qui est donc assez vite oubliée par les élèves puisqu'ils ne voient pas son utilité. Or, c'est elle qui permet de justifier toutes les règles de calcul littéral, de développement et de factorisation. Il revient donc au professeur de faire vivre cette formule pour qu'elle prenne tout son sens, c'est–à–dire autrement que pour faire des calculs de différentes façons.

Il est donc tout à fait important que des exercices dans lesquels cette formule fonctionne comme une règle soient proposés aux élèves.

Nous pensons que, contrairement à la géométrie où un travail important est fait pour exiger des justifications par des théorèmes, en algèbre la question de la justification des règles de calcul n'est pas vraiment posée. En effet, en algèbre, on cherche à donner aux élèves des automatismes de calcul, ce qui est légitime. Or un automatisme de calcul est fait pour être appliqué sans avoir à justifier les différentes étapes (c'est ce qui fait qu'il est rapide et performant). Mais au début de l'apprentissage, il nous semble important de bien faire comprendre aux élèves que la propriété de distributivité doit fonctionner comme un théorème c'est-à-dire avec des conditions d'application. Il nous semble donc important de travailler avec les élèves de 5ème et 4ème les justifications des calculs.

ANNEXE 2

Activité 3

Etablir une formule de calcul

On donne les calculs suivants à faire.

$\frac{1}{2}-\frac{1}{3}=$

$\frac{1}{3}-\frac{1}{4}=$

$\frac{1}{4}-\frac{1}{5}=$

Ces calculs semblent tous faits sur le même modèle. Pouvez-vous trouver lequel ? Pouvez-vous établir une formule qui rende compte de ce que vous avez constaté et la prouver?

But de cette activité par rapport aux principes

- **1 - Montrer l'intérêt et la nécessité, de trouver une formule dans laquelle une lettre est introduite pour établir une formule.**
- **2 - Ne pas désigner trop les quantités variables par une lettre, laisser aux élèves ressentir la nécessité de leur introduction.**
- **4 - Travailler sur les vérifications**
- **5 - Travailler sur les formules**
- **6 - Etablir des preuves en algèbre**

Durée : une séance d'une demi- heure
Les élèves travaillent seuls pendant 5 à 10 minutes.
Ils doivent faire les calculs proposés, se rendre compte de leur liens, puis trouver une formule qui rend compte de ces remarques. Les calculatrices sont autorisées. Le professeur passe auprès de chacun. Il peut ainsi voir les formules produites.

Mise en commun au tableau et discussion sur les formules produites.
Plusieurs objectifs pour ce moment :

- faire des calculs avec des fractions simples qui n'ont pas le même dénominateur ;
- trouver la formule, savoir l'exprimer avec une seule lettre ;
- distinguer les formules vraies ou fausses par vérification avec premiers calculs faits.

Institutionnalisation.

Avec des lettres, on peut écrire une formule générale et la prouver.

On peut calculer avec des lettres comme avec des nombres puisque ici elles remplacent n'importe quel nombre.

Deux nombres consécutifs peuvent s'écrire a et a+ 1

Analyse de cette activité

Il s'agit de faire trouver une formule à partir d'exemples. On est ici dans une activité de généralisation et de preuve. En ce sens, cette activité est différente de l'activité 2.

Les premiers calculs ont pour but de faire rentrer dans l'activité mais aussi de servir de modèle à l'énoncé de la formule.

Ce qui est difficile pour les élèves, c'est de traduire ce qu'ils constatent par une formule. Ainsi nous avons pu constater qu'il utilisaient spontanément des lettres, mais qu'ils avaient du mal à traduire (ou qu'ils ne voyaient pas) les nombres consécutifs alors que le produit du second membre était bien perçu. Ainsi les premières formules produites étaient souvent du type :

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{ab}$$

$$\frac{a}{b} - \frac{a}{c} = \frac{a}{bc}$$

Ce qui pourrait être correct avec c = b+1, mais qui ne correspond pas à cet énoncé.

La difficulté pour le professeur est donc de faire évoluer ces formules vers celles qui mettent en avant la relation entre a et b. On travaille donc ici sur la désignation de deux nombres consécutifs.

Prolongement. Généralisation de la formule à :

$$\frac{a}{b} - \frac{a}{b+1} = \frac{a}{b(b+1)}$$

JEAN-PHILIPPE GEORGET

OUTILS DE LA THEORIE DES COMMUNAUTES DE PRATIQUE ET CONCEPTION DE RESSOURCES A DESTINATION DE PROFESSEURS DES ECOLES EXPERIMENTES POUR LA MISE EN ŒUVRE DE « PROBLEMES POUR CHERCHER »

Abstract: In this paper, we present some elements of the theory of communities of practice (CoP) proposed by Wenger (2005). Then we explore some links that can be made in the field of mathematics education with the twofolds approach developed by Robert and Rogalski (2002) and, finally, we present a resource discussed during the workshop. This resource has been used in an experiment with some experienced teachers of primary schools to help them to practice research activities with their students. Nevertheless, the concepts presented here are not specific to primary school.

L'atelier que nous avons mené dans le cadre de l'école était basé sur notre travail de thèse actuellement en cours. Dans le cadre de cette thèse, nous avons cherché à mettre au point et à étudier un dispositif pour favoriser la pratique d'activités de recherche et de preuve entre pairs (appelées *problèmes pour chercher* dans les programmes français) dans des classes du cycle 3 de l'enseignement primaire (élèves de 8-10 ans). Au cours de l'atelier, nous avons présenté les éléments théoriques qui sous-tendent le dispositif mis en place mais dont l'intérêt ne se limite pas au cadre de recherches dans l'enseignement primaire. Ces éléments sont notamment issus de la théorie des *communautés de pratique* (Wenger, 2005) et de la *double approche* didactique et ergonomique des pratiques (Robert et Rogalski, 2002). Nous présentons donc ci-dessous des éléments de ces deux théories et plus particulièrement ceux de la théorie des communautés de pratique (CoP). Nous nous appuyons ensuite sur le problème *Cordes* (ERMEL, 1999) afin d'exemplifier les choix faits pour notre expérimentation. Après une présentation et une analyse didactique de ce problème, nous présentons d'une part la ressource que nous avons proposée aux enseignants impliqués et, d'autre part, un résumé des échanges qui ont eu lieu dans l'atelier au sujet de cette ressource et des outils théoriques proposés par Wenger.

MISE EN PERSPECTIVE

Malgré des commandes officielles relativement appuyées dans les programmes de 2002 et dans les documents d'application et d'accompagnement de ces programmes, commandes réitérées dans les programmes de l'enseignement primaire de 2007, les pratiques d'activités de recherche et de preuve entre pairs sont peu présentes dans les pratiques de classe. De nombreuses recherches ou expérimentations ont été menées dans ce domaine où il s'agit d'engager les élèves dans une pratique « proche » de celle du mathématicien. Cependant, notre expérience de formateur et nos échanges avec d'autres chercheurs nous montrent qu'elles sont peu diffusées au-delà de l'initiative de leurs auteurs et leurs effets dans les pratiques de classe sont actuellement mineurs. Parmi les travaux déjà menés, on peut par exemple citer (Arsac et al., 1991 ; Duchet, 1997 ; ERMEL, 1999 ; Grenier et Payan, 2002).
Dans notre thèse, nous avançons plusieurs hypothèses pour expliquer notre constat. Tout d'abord, des documents existent depuis plusieurs années autour des activités de recherche et de preuve entre pairs, mais ils restent peu présents dans l'espace de travail des enseignants. La diffusion de documents d'application et d'accompagnement des programmes ne semble pas provoquer de changement perceptible dans les pratiques. Notre fréquentation régulière des Inspecteurs de l'Éducation Nationale, des conseillers pédagogiques, des enseignants, des

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 60 – 118.

formateurs et des chercheurs en didactique des mathématiques montre que l'utilisation des manuels scolaires prédomine or les activités de « résolution de problèmes » qui y sont proposées sont rarement des activités de recherche (Coppé et Houdement, 2002 ; Houdement, 1999). Nous pensons donc que l'information potentiellement disponible aux enseignants ne leur est pas facilement accessible, ne serait-ce qu'au niveau des supports de publication.

D'autre part, l'ergonomie des ressources disponibles aux enseignants doit très probablement être améliorée pour contribuer au changement des pratiques. Notre étude des programmes et documents les accompagnant montre par exemple que ceux-ci n'évoquent pas la transition des pratiques existantes vers de nouvelles pratiques ou même la coexistence de différentes pratiques. Ils n'évoquent quasiment jamais la gestion des différentes options qui ne manquent pas de se présenter à l'enseignant quand il veut pratiquer des activités de recherche et de preuve entre pairs avec ces élèves. Par exemple, ils ne précisent pas ce qu'il peut faire devant un événement tel que l'impossibilité d'évaluer la validité d'une proposition d'un élève lors d'une mise en commun. Nous avons d'ailleurs utilisé dans notre travail des éléments d'ergonomie des EIAH (Environnement informatiques pour l'apprentissage humain) pour concevoir les ressources proposées aux enseignants mais nous ne les reprenons pas en détail dans cet article (voir par exemple Tricot et al. , 2003 pour une présentation de ces concepts dans le cadre des EIAH).

Selon nous, un changement de pratique et la réflexion qui accompagne ce changement sont plus difficiles à mener pour un enseignant isolé que pour un groupe d'enseignants. Un travail collaboratif est donc susceptible de le favoriser (Jaworski, 2006). Les enseignants peuvent échanger autour des problèmes qu'ils rencontrent, relativiser les problèmes rencontrés, etc. Cependant, nous posons aussi l'hypothèse que ce travail collaboratif est coûteux pour les enseignants, qu'il doit être *initié* et *accompagné* de façon souple et multiforme.

Enfin, un dispositif de changement de pratique s'inscrit pour nous dans la *durée*. Des recherches récentes en didactique des mathématiques ont montré que les pratiques se forment assez tôt et qu'elles restent relativement stables par la suite (Lenfant, 2002 ; Roditi, 2001). Ceci nous paraît d'autant plus vrai dans le cadre de l'enseignement primaire qu'en général, les enseignants n'ont pas fait d'études poussées de mathématiques. Une certaine confiance doit naître dans la communauté à laquelle ils participent afin que des éléments de pratique puissent y être exposés. Nous reprenons là à notre compte les conclusions de Robert (2001), sur l'effet apparemment limité des formations en termes de changement de pratique et la difficile transposition dans les pratiques ordinaires d'ingénieries didactiques a priori optimales pour l'apprentissage des élèves, pour appuyer nos hypothèses sur l'importance d'un travail collaboratif et de la durée de cette collaboration.

Notre constat et nos hypothèses nous ont conduit à imaginer et à étudier un dispositif qui s'inscrit dans une perspective développée par Wenger, la théorie des communautés de pratique (CoP). Nous présentons ci-dessous quelques éléments de cette théorie.

LA THEORIE DES COMMUNAUTES DE PRATIQUE

Wenger propose une théorie sociale de l'apprentissage qu'il a élaborée à la suite de ses travaux avec l'anthropologue Lave (à propos de l'apprentissage « sur le tas ») et de ses activités de consultant dans le monde de l'entreprise et du *Knowledge management*. Wenger (2005, p. 2) écrit :

- l'homme est un être social et il s'agit là d'un aspect fondamental de l'apprentissage ;
- la connaissance est une question de compétence en lien avec des projets comme chanter une chanson, faire une découverte scientifique, réparer des outils, écrire de la poésie, être aimable, grandir comme un garçon ou une fille ;
- la connaissance consiste à participer à la poursuite de tels buts, ce qui se traduit par un engagement dynamique dans le monde ;

- la recherche de sens, notre habileté à connaître le monde et à s'y engager de façon significative, est en somme ce que vise l'apprentissage.

C'est sur ces préconceptions sur l'apprentissage qu'il fonde la théorie des CoP dont nous présentons maintenant quelques éléments.

Éléments de la théorie des communautés de pratique

La *pratique* au sens de Wenger (2005, p. 53) est un concept relativement large :

> Une telle conception de la pratique inclut à la fois l'explicite et le tacite, ce qui est dit et non dit ; ce qui est exposé et présumé. Elle inclut le langage, les outils, les documents, les images, les symboles, les rôles, les critères, les procédures, les règles, et les contrats élaborés au sein des différentes pratiques. Mais elle inclut également les relations implicites, les conventions tacites, les indices subtils, les règles d'usages implicites, les intuitions, les perceptions, les préconceptions et les visions partagées du monde.

Pour lui, l'apprentissage fait pleinement partie de la pratique. Il écrit en effet (ibid., p. 112) que :

> La pratique n'est pas un objet qui se transmet de génération en génération. La pratique est un processus permanent, social et interactionnel [...]. Que les membres interagissent, fassent des choses ensemble, négocient la signification et apprennent les uns des autres, cela fait partie intégrante de la pratique, c'est la façon dont elle évolue.

Selon l'auteur, la pratique est donc un concept qui, dans l'étude de l'activité des enseignants de mathématiques, permet d'englober plusieurs éléments qui dépassent la seule pratique en classe. Les *dimensions de la pratique*, souvent reprises dans la littérature comme caractéristiques des CoP, peuvent servir de grille d'identification et d'analyse des communautés de pratique :

- l'engagement mutuel – Une communauté de pratique ne se résume pas à un ensemble d'individus qui possèdent des caractéristiques communes. Ce terme n'est pas synonyme de groupe, d'équipe ou de réseau (ibid., p. 83). Il s'agit pour les participants non seulement de participer effectivement dans les activités de la CoP mais aussi d'agir afin de faciliter l'engagement des autres membres.
- l'entreprise commune – Elle est vue comme objectif et comme processus de la construction de la CoP.
- le répertoire partagé – C'est *l'ensemble de ressources partagées d'une communauté* (ibid., p. 91). Ce sont des artefacts, des figures de style, des discours...

Pour autant, ceci ne signifie pas que les éléments du répertoire partagé sont exempts d'ambiguïté car il s'agit avant tout d'un ensemble que la CoP peut mobiliser dans le processus de *négociation de sens*. Ce processus est lui-même formé de deux processus, celui de la *participation* et celui de la *réification*. Le processus de participation regroupe les manières d'être engagé dans la pratique et comprend plusieurs gestes : faire, parler, ressentir et appartenir. La participation dépasse l'engagement direct dans une pratique. Elle ne se confond pas non plus avec la collaboration car elle peut comprendre toutes sortes de liens : conflictuels et harmonieux, compétitifs et coopératifs, etc. Quant à la réification, c'est le processus qui conduit à « chosifier », à mettre en forme notre expérience, à l'aide d'objets, d'éléments de langage, de symboles, d'attitudes, de concepts, d'histoires, etc. Elle désigne aussi le produit de ce processus.

Wenger (2005) explique qu'il y a une dualité dans les deux processus de participation et de réification. C'est parce que les personnes participent à une communauté qu'ils peuvent négocier des réifications et c'est parce que la réification est possible qu'ils peuvent participer à cette communauté. Il introduit aussi l'idée qu'un équilibre entre ces deux processus peut être recherché (ibid., pp. 70-71) :

> Si la participation prend le dessus,[…] il risque de ne pas y avoir suffisamment de matériau pour stabiliser les règles de la coordination et mettre en évidence les hypothèses divergentes.[…] Si la réification prévaut, si tout est réifié, mais qu'il y a peu d'expérience partagée et de négociation, il risque de ne pas y avoir suffisamment de participation pour obtenir une signification structurée, pertinente et créatrice.

Autrement dit, d'un côté, une faible réification ne permet pas la participation puisque, par exemple, un nombre insuffisant de points de convergence ne permet pas aux personnes de négocier le sens de leur activité et donc de participer. À l'inverse, une réification trop importante, c'est-à-dire un « déséquilibre » en faveur de la réification, constituée par exemple, par des objets complexes « trop bien définis » peut être un obstacle à la participation car la négociation de sens a alors peu d'espace pour s'établir.

Nous avons vu qu'une CoP n'est pas synonyme de groupe ou d'équipe. Ses frontières peuvent être définies en termes de continuités et de discontinuité de participation et de réification avec le monde extérieur à la CoP. Les réifications passent alors d'une communauté à l'autre sous une forme en quelque sorte « dénaturée » (terme que nous introduisons afin de marquer le fait que ces objets ne passent pas d'une communauté à une autre sans être nécessairement modifiés, dans leur usage, dans leur utilité, dans la perception qu'en ont les nouveaux utilisateurs, etc.) appelée *objet frontière*. Ce sont des artefacts, documents, contrats, concepts et autres formes de réification autour desquels les communautés de pratique peuvent coordonner leurs interfaces. Un travail sur ces objets frontières peut optimiser ces interfaces et aussi faciliter la négociation de sens, c'est-à-dire la participation et la réification, au sein de la CoP « destinatrice ». La notion de *courtier* est utilisée par Wenger pour identifier une personne qui appartient à plusieurs communautés et qui se charge d'introduire des objets frontières d'une communauté à une autre. Il précise (ibid., p. 121) que :

> le courtage exige un minimum de légitimité pour pouvoir influencer le développement d'une pratique, mobiliser l'attention et se préoccuper d'intérêts divergents.

Wenger (2005) évoque principalement les CoP qui existent spontanément et que l'on peut étudier ou chercher à développer. Wenger et al. (2002) introduisent la notion de CoP *intentionnelles* c'est-à-dire initiées volontairement. On trouvera aussi dans le cours de Gueudet et Trouche (ce volume) des exemples de telles communautés. Cette notion de CoP intentionnelle donne en quelque sorte une légitimité à l'opérationalisation de ce que nous résumons à l'aide d'une « métaphore du jardin » en lien avec le titre de (Wenger et al., 2002), *Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge*. Pour cultiver un jardin, il y a certes des gestes qu'il est souhaitable de faire, mais ce que deviendra le jardin résultera de phénomènes que nous ne contrôlons pas toujours et avec lesquels on devra composer. Il s'agit de créer et de gérer un *environnement dynamique ouvert* (Rogalski, 2003). Il faut donc trouver les déclencheurs de dynamiques d'apprentissage, les éléments d'un dispositif, ce que Wenger appelle un design initial, qui favorise l'émergence d'une CoP et l'apprentissage de ses membres et qui soit prévu dès sa conception pour évoluer tout en permettant de catalyser l'évolution de la CoP. Il propose pour cela de s'appuyer notamment sur les *dimensions du design* : *participation/réification*, *conçu/émergent*, *local/global*, *identification/négociabilité.* La première dimension consiste à penser le design de manière à favoriser la participation des membres, les réifications au sein de la CoP et l'équilibre que nous avons évoqué plus haut. La dimension conçu/émergent consiste à faire la part des choses entre ce qui est explicitement prévu dans le design a priori et ce qu'on peut espérer voir en émerger du fait de l'activité de la CoP. Dans cette perspective, il peut, par exemple, être préférable de ne pas proposer a priori une modalité de travail qui a de bonnes chances d'émerger de l'activité même de la CoP. La dimension local/global permet de catégoriser ce qui relève des choix de la CoP et ce dont elle doit tenir compte indépendamment de son développement. Dans le domaine de l'enseignement, les programmes relèvent du global. Enfin, la dimension identification/négociabilité consiste à concevoir le design de manière à favoriser

l'identification des membres à certains aspects de la CoP et donc à favoriser leur engagement dans l'activité de la CoP, et à laisser des marges de négociation pour d'autres aspects peut-être moins fédérateurs.

La théorie de Wenger procure donc des outils pour penser le design d'un système complexe et cohérent : une CoP. Ces outils ne permettent que de chercher à favoriser des processus dynamiques dont nous ne connaissons pas tous les déterminants. À la suite de cette présentation de certains éléments de la théorie des CoP, nous présentons maintenant des articulations possibles en didactique des mathématiques et plus précisément avec le cadre de la double approche.

Des articulations en didactique des mathématiques avec la double approche didactique et ergonomique des pratiques

La théorie des CoP a déjà été utilisée en didactique des mathématiques (cf. notamment Graven, 2004). Cependant, rares sont les travaux qui exploitent les concepts que nous avons présentés plus haut. L'atelier nous a permis de montrer quelques éléments d'articulation possibles avec la double approche développée par Robert et Rogalski (2002). Ces auteurs proposent d'analyser les pratiques ordinaires des enseignants de mathématiques. Cette analyse consiste, d'une part à étudier la pratique de classe et notamment l'activité des élèves à l'aide d'une analyse didactique classique, notamment inspirée de la théorie des situations didactiques. D'autre part, il s'agit d'étudier la pratique des enseignants à l'aide d'analyses inspirées de la psychologie ergonomique. Les auteurs proposent de conduire ces analyses complémentaires de manière à construire cinq composantes de la pratique qui sont les composantes *cognitive, médiative, institutionnelle, sociale et personnelle*. La composante cognitive regroupe ce qui relève des savoirs mathématiques mis en jeu dans les activités réalisées par les élèves. La composante médiative regroupe les éléments décrivant la manière dont l'enseignant s'y prend pour que les élèves travaillent ces savoirs. La composante institutionnelle est constituée de ce qui contraint institutionnellement l'activité des enseignants (programmes, manuels, etc.). La composante sociale regroupe des éléments de pratique qui peuvent être attribuées à un ensemble d'enseignants alors que la composante personnelle permet de repérer ce qui est spécifique d'un enseignant donné.

Cette approche est principalement un cadre d'analyse des pratiques existantes d'enseignants en mathématiques. Si on souhaite travailler sur les moyens de changer des pratiques, l'analyse des composantes procure des éléments pertinents pour le faire, mais n'est pas suffisante. Notre étude tend à montrer que la théorie des CoP s'articule relativement facilement avec la double approche pour penser à la fois une dynamique de changement de pratique et une analyse didactique des pratiques observées spécifique des mathématiques. On peut évoquer les contours de la pratique dans chacun des deux cadres comme exemple de cette possible articulation entre eux. Nous avons déjà vu ce qu'elle recouvre pour Wenger. En ce qui concerne Robert et Rogalski (ibid.)la pratique d'un enseignant comprend :

> tout ce que l'enseignant met en oeuvre avant, pendant, et après la classe (conceptions activées au moment de la préparation des séances, connaissances diverses, discours mathématique et non mathématique pendant la classe, gestes spécifiques, corrections de productions d'élèves etc.

Ainsi, nous voyons que les deux approches sont compatibles et, en particulier, qu'elles dépassent le strict cadre de la pratique en classe. Un autre point d'articulation est la question de la *stabilité* de la pratique. Notre étude montre ainsi que dans les deux cadres, on peut supposer que la pratique comporte des éléments de stabilité et d'instabilité qui sont d'abord construits par le chercheur et qui sont liés à certains contextes. Dans les deux cas, c'est d'abord la cohérence qui est recherchée dans la complexité des pratiques.

Par ailleurs, la théorie des CoP est un cadre théorique très général et qui donne peu d'éléments pour analyser les changements de pratique en particulier en didactique des

mathématiques. En effet, Wenger (2005) propose principalement de s'appuyer sur le recueil et l'analyse d'anecdotes. La double approche fournit à cet égard les outils nécessaires à une étude centrée sur l'enseignement des mathématiques. Ce qui précède tend donc à montrer que la théorie des CoP donne principalement des outils pour coordonner une CoP et que la double approche donne, elle, des outils d'analyse. Pour l'essentiel, c'est effectivement le cas, mais la complémentarité des deux cadres est en réalité plus profonde, à la fois dans le design et dans les analyses. Prenons un exemple pour l'illustrer, celui d'une ressource proposée à des enseignants de mathématiques de l'enseignement primaire.

UNE RESSOURCE COMME OBJET FRONTIERE

Une partie de l'atelier a été consacrée à la manière d'aborder la conception d'une ressource à destination d'enseignants expérimentés. Nous avons présenté certains éléments de l'expérimentation effectuée dans le cadre de notre thèse et quelques utilisations des concepts de Wenger que nous pensons utiles pour la conception et l'analyse de ressources en didactique des mathématiques.

Quelques mots sur notre expérimentation

Suivant la perspective de Wenger et avec l'objectif de favoriser la pratique d'activités de recherche dans des classes, nous avons initié une CoP intentionnelle et nous avons donc conçu un design expérimental initial comme un objet frontière. Les expressions de design initial et d'objet frontière prennent ici concrètement leur sens. En effet, le dispositif est initialement pensé notamment de notre point de vue de chercheur en didactique des mathématiques d'où l'idée de frontière qui rend compte du fait que les enseignants avec lesquels nous travaillons ont une pratique différente de la nôtre. D'autre part, ce design est prévu dès le départ pour pouvoir subir des évolutions et des adaptations afin de favoriser l'émergence et l'activité d'une CoP. L'entreprise commune était d'abord l'implication des enseignants dans la pratique des activités de recherche et de preuve entre pairs exigées par les programmes et en particulier d'initier la genèse d'un *système documentaire communautaire* (Gueudet et Trouche, ce volume) afin de favoriser ces pratiques. Outre le volontariat des enseignants, le design initial reposait principalement sur un site Web présentant des ressources, une liste de diffusion, des comptes-rendus des séances menées en classe par les enseignants. Dès la deuxième année, plusieurs réunions ont été organisées en supplément. Les modalités que nous avons proposées aux enseignants pour poursuivre nos objectifs initiaux ont toujours été validées par eux et ont évolué au cours de l'expérimentation (modalités et outils de rédaction de comptes-rendus par exemple). Le principe même de la poursuite de cette expérimentation était discuté au sein de la CoP. Ces éléments constituent des traces de négociation de son entreprise commune. En moyenne et avec une variation de +1 à +2 suivant les moments de l'expérimentation, la CoP que nous avons coordonnée hors temps institutionnel a été composée de six enseignants qui y participaient volontairement et à titre gracieux (5 d'entre eux ont été impliqués chacune des 3 années). L'expérimentation et l'expérience des différents membres, la nôtre y compris, constituaient donc un intérêt pour chacun au sein de cette communauté.

Ces éléments qui tracent en partie la négociation de l'entreprise commune et l'engagement mutuel des membres de la CoP sont pour nous, comme pour Wenger, des marques d'existence de cette CoP intentionnelle. Cependant, plus que de savoir si cette communauté formait une CoP, c'est l'approche de la coordination de celle-ci qui a principalement orienté notre travail. L'atelier s'est donc appuyé sur l'exemple d'une ressource présentant le problème *Cordes*

(ERMEL, 1999) et extraite du site Web utilisé dans notre expérimentation pour mieux l'illustrer.

Présentation et analyse didactique du problème « les cordes »

Le problème *Cordes* consiste à déterminer le nombre de cordes que l'on peut obtenir pour un nombre donné de points situés sur un cercle. Faisons une analyse didactique succincte de ce problème. Si n est le nombre de points, on obtient le nombre de cordes à l'aide de la formule $n(n-1)/2$ ou bien de la formule $(n-1)+(n-2)+...+1$. On peut aussi ajouter $(n-1)$ au nombre de cordes obtenues dans le cas de $(n-1)$ points s'il est connu. Les élèves du cycle 3 peuvent, selon les cas, retrouver chacune de ces formules. La formule multiplicative peut apparaître lorsque les élèves pensent trouver la solution par une formule du type $n(n-1)$, qu'ils vérifient leur résultat sur une figure pour un nombre de points raisonnable et constatent que leur formule donne le double du nombre réel de cordes. Ils modifient alors leur formule en divisant $n(n-1)$ par 2. Certains peuvent comprendre d'eux-mêmes qu'en traçant $(n-1)$ cordes pour les n points (ce qui donne $n(n-1)$ tracés), ils tracent en réalité deux fois chaque corde et qu'il convient donc de diviser $n(n-1)$ par 2 pour obtenir le nombre total de cordes. Les élèves peuvent retrouver la deuxième formule notamment en traçant des cordes de manière organisée à partir d'un nombre de points raisonnable. Ils peuvent remarquer que le premier point permet de tracer $(n-1)$ cordes, que le second permet d'en tracer $(n-2)$ différentes des premières, et ainsi de suite avec le dernier point qui, lui, ne permet de tracer qu'une seule nouvelle corde. Enfin, si l'enseignant propose par exemple des nombres de points qui sont des entiers successifs, la dernière procédure a évidemment de bonnes chances d'apparaître. L'enseignant peut proposer des nombres précis de points pour lesquels il faut déterminer le nombre de cordes. Traiter le cas de 6 points permet aux élèves de se saisir du problème. Le cas d'une dizaine de points peut permettre de constater que le comptage des cordes sur une figure demande une organisation minimale. Certains peuvent déjà trouver ou tenter de trouver une formule. Le cas d'une centaine de points oblige alors à trouver une formule car le comptage devient alors extrêmement difficile. Enfin, l'enseignant peut aussi se limiter à proposer le cas général aux élèves c'est-à-dire leur demander de chercher si on peut trouver le nombre de cordes dès lors que l'on connaît le nombre de points. C'est alors aux élèves de prendre la décision de prendre des exemples ou non et de tirer des conclusions. Pour chacune des deux options, des débats entre élèves peuvent avoir lieu (c'est ce que nous appelons le *potentiel de débat* d'une activité de recherche et de preuve entre pairs). En effet, les élèves sont susceptibles d'argumenter sur la portée des cas traités, des exemples et des contre-exemples proposés, sur la validité des formules générales proposées, etc. Étant données les connaissances généralement acquises par les élèves de ce niveau, on peut supposer que la résolution de ce problème va résister à la tentative de résolution par les élèves (potentiel de résistance de l'activité). Quant à l'enseignant, il doit gérer de multiples choix qu'il serait trop long de tous présenter ici. Par exemple, il peut choisir de proposer le problème à l'oral avec ou sans l'aide d'un énoncé écrit. Il peut tracer ou non des figures au tableau. Il peut proposer lui-même des cas particuliers de nombres de points ou proposer directement le traitement du cas le plus général. Parmi les choix qu'il y a à faire, il y a un risque que l'enseignant donne, volontairement ou non, un indice déterminant qui mette les élèves sur la voie d'une solution ce qui risque donc de limiter le potentiel de recherche de l'activité. C'est par exemple le cas s'il trace des cordes au tableau en suivant un ordre particulier. Précisons que nous ne jugeons pas ici la pertinence, à un moment donné de l'année, de l'apport d'un tel indice pour les élèves. Sans rentrer, là encore, dans les détails, le contexte de la classe à un moment donné de l'année, de la journée ou de la séance, peut pertinemment pousser un enseignant à orienter volontairement les élèves vers une piste déterminante.

Ainsi, notre analyse didactique succincte tend à montrer que le problème *Cordes* est un problème de recherche et de preuve entre pairs adapté pour des élèves de cycle 3. Elle tend aussi à montrer que l'enseignant a un rôle important à jouer dans la gestion de la séance et que plusieurs options peuvent être pertinentes à exploiter tant en ce qui concerne des choix à effectuer avant la séance que d'autres à effectuer pendant la séance.
Considérant que la description de ces choix demanderait la conception d'un document relativement complexe et certainement long à consulter dans son intégralité, nous avons proposé aux enseignants une ressource plutôt simple d'accès voire minimaliste.

Du problème à la ressource

Nous nous sommes inspiré du concept d'objet frontière proposé par Wenger pour concevoir une ressource à destination des enseignants de notre expérimentation. De notre expérience de formateur, nous avons noté que les enseignants apprécient généralement peu de consulter des documents longs pour préparer leurs séances de classe et qu'ils apprécient aussi généralement d'avoir une marge de manoeuvre relativement grande pour adapter telle ou telle situation à leur classe, à une période donnée de leur enseignement ou à leur pratique. Le concept *d'adaptabilité* est un des concepts issus de l'ergonomie des EIAH qui, pour nous, résume le mieux cette idée. Il faut donc, d'une part proposer une ressource qui favorise la négociation de sens du document et de l'activité par les enseignants et, d'autre part, concevoir une ressource ergonomique : simple d'accès, rapide à consulter, qui permet des adaptations diverses par les enseignants, etc.. On trouvera en annexe la ressource que nous avons proposée aux enseignants de notre expérimentation. Sa consultation montre en particulier que les indications en termes de didactique ou de pédagogie sont relativement rares dans la version initiale. En limitant ce type d'information, nous souhaitions en particulier susciter des échanges au sein de la CoP sur ce qu'il convenait d'ajouter de manière indispensable pour améliorer la ressource. La première année d'expérimentation n'a pas abouti à ces ajouts de manière aussi directe. En effet, la suite de l'expérimentation a révélé que les enseignants ne souhaitaient majoritairement pas consulter ce genre d'information, tout au moins pas avant d'avoir expérimenté au moins une fois eux-mêmes le problème. Certains enseignants précisent même qu'en présence d'éléments plus précis, ils auraient de toute façon fait autrement ! Cependant, on peut aussi constater que la ressource a tout de même évolué légèrement mais significativement entre les deux versions. Le support informatique a permis l'ajout d'images animées pour illustrer la résolution du problème. Des « éléments de débats » ont été précisés uniquement dans la seconde version. Il s'agit là d'éléments que nous avons proposés et que les enseignants ont ensuite accepté, à la suite de quelques réunions, sous réserve de ne pas « trop » en mettre. Le contenu ajouté est donc rédigé sous forme de phrases faciles d'accès et il s'avère que les enseignants ont majoritairement apprécié cette approche de la *conception de ressource dans l'usage* pour reprendre les termes utilisés par Folcher dans sa conférence (ce volume).

Des ressources aux pratiques

Nos observations d'une cinquantaine de séances durant les trois années de notre expérimentation et les réunions organisées, principalement durant les deux dernières années, nous permettent d'affirmer que les enseignants ont pu proposer des situations relativement ouvertes à leurs élèves. Les difficultés qu'ils ont rencontrées étaient principalement relatives à la gestion des mises en commun. De manière très synthétique, les mises en commun et l'exploitation des productions des élèves aboutissaient soit à des mises en commun relativement dirigées par les enseignants, faisant éventuellement suite à une phase plus ouverte, soit à des digressions d'ordre mathématique (par exemple, long questionnement sur le

sens du signe égal) qui ne permettaient pas de conclure la séance ou la résolution du problème. À l'issue de l'expérimentation et selon les enseignants, les ressources leur semblent adaptées, mais ils disent aussi rencontrer des difficultés qu'ils ne savent pas toujours gérer (gestion de différentes productions par exemple). La fin de la dernière année de l'expérimentation a abouti à la création d'un outil (non présenté dans l'atelier) proposant des solutions à certaines de ces difficultés, mais la fin de l'expérimentation ne nous a pas permis d'évaluer d'éventuels effets sur la pratique effective des enseignants.

Résumé de quelques échanges au sein de l'atelier

Les premiers échanges avec les participants de l'atelier ont montré que ces derniers avaient une analyse didactique du problème *Cordes* similaire à la nôtre et leurs constats concernant les pratiques ordinaires rejoignaient aussi les nôtres. Au fil des échanges, nous sommes ainsi arrivés au constat qu'il y avait une sorte de paradoxe dans le souhait des participants à vouloir proposer des ressources qui donnaient de multiples détails sur la mise en oeuvre d'une situation donnée, tout en sachant que les enseignants ne consulteraient généralement pas les indications données ou qu'ils ne les suivraient pas. Le fait de ne présenter qu'une unique manière de mener la situation paraissait elle aussi paradoxale avec les constats faits sur les pratiques ordinaires.

Les éléments de la théorie des communautés de pratique présentés et particulièrement ceux de participation, de réification, d'objets frontières et de courtier, ont été utiles pour proposer une résolution de ces paradoxes. Ainsi, le chercheur ou le formateur peuvent se considérer en position de courtier. En effet, comme c'était le cas dans notre expérimentation, il n'exerce généralement pas la même activité que les enseignants à qui il présente des situations d'enseignement, ou tout au moins ne l'exerce pas dans les mêmes conditions ou avec la même motivation. Le fait de proposer des ressources comme des objets frontières, c'est-à-dire des objets issus d'autres communautés dont lui-même fait partie (avec des degrés d'implication plus ou moins grands), laisse a priori davantage la place aux enseignants pour négocier le sens des activités visées par ces ressources. Pour prendre un exemple concret dans le cadre de notre CoP, on ne peut réduire une ressource ayant pour but de permettre la mise en oeuvre du problème *Cordes* en tant qu'activité de recherche et de preuve entre pairs à ce que nous voulions que les enseignants en fassent. La ressource ne peut donner « trop » de détails, au moins dans un premier temps, de façon à ce que les enseignants puissent se l'approprier et puissent identifier une pratique possible de la ressource qui soit compatible avec leur pratique personnelle ou avec une pratique reconnue socialement au moins au sein de la CoP. C'est plus tard et sur la durée que l'objet frontière *Cordes* peut évoluer et s'enrichir, éventuellement avec l'aide d'un coordonnateur de la CoP, c'est-à-dire une personne plus spécialement chargé de favoriser son activité, en restant compatible avec des pratiques qui évoluent souvent lentement, du fait notamment de leur complexité.

CONCLUSION

L'atelier a permis de présenter plusieurs éléments de la théorie des CoP aujourd'hui encore peu exploités dans les recherches en didactique des mathématiques. Il a aussi permis de montrer l'intérêt de quelques concepts sur l'exemple précis d'une ressource à destination d'enseignants expérimentés. Cette utilisation ne se limite pas à des environnements informatiques, mais il a aussi montré l'intérêt spécifique de ces derniers lorsque l'on s'intéresse en particulier aux ressources à destination des enseignants.

Enfin, nous avons pu exposer à la fin de l'atelier quelques perspectives de notre travail notamment sur l'utilisation plus experte et fine des TIC et sur des concepts d'ergonomie des

EIAH pertinents à mobiliser autant pour l'analyse de ressources existantes que pour leur conception dans l'usage, que ce soit en lien avec la théorie des CoP ou non.

Nous profitons de cet article pour remercier les participants de l'atelier des fructueux échanges qu'ils ont contribué à faire naître.

REFERENCES

Arsac, G. ; Germain, G. et Mante, M. (1991). *Problème ouvert et situation problème*, IREM de Lyon.

Coppe, S. et Houdement, C. (2002). Réflexions sur les activités concernant la résolution de problèmes à l'école primaire, *Grand N* **69**, 53-62.

Duchet, P. (1997). De la recherche à la formation : MATh.en.JEANS. Dans: Actes Université d'été "Recherche et Formation", Dijon, juillet 1996. IREM de Bourgogne. 129–160. URL: http://mapage.noos.fr/duchet/duchet_travaux__fichiers/pub_dida/rechform.pdf.

ERMEL (1999). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes, cycle des approfondissements CM2*. Hatier.

Georget, J.P. (2003). *Tentative d'initiation d'un travail collaboratif entre des enseignants de l'école primaire (CM1/CM2) autour de la pratique de problèmes de recherche*. Mémoire de DEA, Université Paris 7 Denis Diderot.

Georget, J.P. (2007). Favoriser la pratique des activités de recherche dans les classes de cycle 3 de l'enseignement primaire : communauté de pratique, pratiques d'enseignants et échanges autour de ces pratiques, In N. Bednarz, C. Mary C. (dir.) L'enseignement des mathématiques face aux défis de l'école et des communautés, Actes du colloque EMF 2006 (cédérom). Sherbrooke : Éditions du CRP.

Graven, M. (2004). Investigating mathematics teacher learning within an in-service community of practice: the centrality of confidence, *Educational Studies in Mathematics* 57, 177-211.

Grenier, D. et Payan, C. (2002). Situation de recherche (en classe) : essai de caractérisation et proposition de modélisation, *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques*. Viviane Durand-Guerrier et Claude Tisseron (ed.) ARDM et IREM de Paris 7. 189–203.

Jaworski, B. (2006). Theory and practice un mathematics teaching development: critical inquiry as a mode of learning in teaching, *Journal of Mathematics Teacher Education* 9/2. 187–211.

Lenfant, A. (2002) *De la position d'étudiant à la position d'enseignant : l'évolution du rapport à l'algèbre de professeurs stagiaires*. Thèse de Doctorat, Université de Paris 7.

Robert, A. (2001). Les recherches sur les pratiques des enseignants et les contraintes de l'exercice du métier d'enseignant, *Recherches en didactique des mathématiques* 21/1.2. 57–80.

Robert, A. et Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : une double approche. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et de la technologie* 2/4, 505-528.

Roditi, E. (2001). *L'enseignement de la multiplication des décimaux en sixième, Études de pratiques ordinaires*. Thèse de Doctorat, Université de Paris 7.

Rogalski, J. (2003). Y a-t-il un pilote dans la classe ? Une analyse de l'activité de l'enseignant comme gestion d'un environnement dynamique ouvert, *Recherches en didactique des mathématiques* 23/3, 343-388.

Tricot, A., Plégat-Soutjis, F., Camps, J.F., Amiel, A., Lutz, G., Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH, in Desmoulins C. ; Marquet, P. et Bouhineau, D. (ed.), *Environnements informatiques pour l'apprentissage humain,* ATIEF INRP. 391–402.
URL: http://hal.ccsd.cnrs.fr/docs/00/00/16/74/PDF/n036-80.pdf

Wenger, E. (2005). *La théorie des communauté de pratique, apprentissage, sens et identité*. Traduit de *Communities of Practice* (1998) par Fernand Gervais. Les presses de l'Université Laval.

Wenger, E. McDermott, R., Snyder, W. (2002). *Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge*. Havard Business School Press.

ANNEXE

Cette annexe présente le contenu initial du site Web pour ce qui concerne le problème *Cordes* ainsi que les ajouts faits à l'issue de la première année d'expérimentation. L'emplacement des images animées qui figure sur la version en ligne est signalé entre crochets.

Présentation

Le problème
On place un certain nombre de points sur un cercle.
Est-il possible de trouver le nombre de cordes (segment joignant deux points du cercle) ?

Exemples

On peut commencer par 6 points sur un cercle et disposés de façon irrégulière.
On obtient 15 cordes.
On peut ensuite passer à 10 points ce qui donne 45 cordes. Les élèves ont peu de chance de pouvoir les compter de façon sûre.
On peut aborder, sans obligatoirement le poser comme tel, le cas général en proposant de chercher une méthode pour trouver relativement facilement le nombre de cordes pour 32 points, 210 points, etc.

Preuve

Solutions
Si on place n points sur un cercle, le nombre de cordes est égal à : $n(n-1)/2$. Par exemple, pour 6 points, le nombre de cordes est égal à (6 x 5)/2=15.
Preuve 1
La preuve revient à calculer la somme $(n-1)+...+3+2+1$.
On effet, on choisit un des points. Il permet d'obtenir (n-1) cordes. En prenant un autre point, on obtient une corde de moins, c'est à dire $(n-2)$ et ainsi de suite jusqu'à l'avant-dernier point qui ne peut être joint qu'au dernier point ce qui donne une seule corde.
Le calcul de la somme $(n-1)+...+3+2+1$ s'effectue de la manière suivante. On effectue :

$$\begin{array}{ccccccccccc} (n-1) & + & (n-2) & + & ... & + & 2 & + & 1 & + \\ 1 & + & 2 & + & ... & + & (n-2) & + & (n-1) & \end{array}$$

ce qui donne : $n + n + n +...+ n$ $(n-1$ fois)
Par conséquent, on a calculé que 2 fois la somme recherchée est égale à $(n-1)\,n$. Il faut donc diviser cette expression par 2 pour obtenir la somme elle-même.
Preuve 2
Il y a n points. Chaque point est relié à $(n-1)$ points. Mais, avec cette méthode, chaque corde est comptée 2 fois (une fois par extrémité). On obtient donc $n(n-1)/2$ cordes.

Partie ajoutée l'année II

Les animations illustrent deux stratégies de résolution dans le cas de 6 points : la première stratégie où on ne compte les cordes qu'une unique fois et la deuxième où on les compte toutes deux fois (pour ensuite diviser le nombre obtenu par 2).

Première méthode

[ici, une image GIF animée[13]]

Le nombre de cordes est 5+4+3+2+1=15.

Une variante (raisonnement par récurrence) consiste à déduire le cas des 6 points de celui des 5 points (que l'on peut calculer à part). Il suffit d'ajouter les 5 nouvelles cordes créées par le sixième point à celles déjà comptées pour les 5 premiers (au nombre de 10). Ainsi, on obtient 5+10=15 cordes.

Le fait de proposer successivement certains cas, par exemple le cas de 5 puis de 6 points, risque d'induire cette stratégie.

Deuxième méthode

[ici, une image GIF animée[14]]

Il y a 5 cordes pour chacun des 6 points mais, ainsi, toutes les cordes sont comptées en double (en rouge dans l'animation). En effet, une corde relie 2 points, donc on compte la corde pour une extrémité et on la recompte pour l'autre extrémité.

On obtient donc le nombre de cordes : (5 x 6)/2=15.

Éléments de débats possibles

- méthode pour être sûr de compter toutes les cordes sans en oublier
- moyen de communiquer sa démarche (les élèves peuvent proposer plusieurs types de codage, par exemple basés sur des couleurs)
- des élèves peuvent proposer la preuve basée sur la multiplication sans qu'ils soient capables de l'expliquer dans un premier temps : cette preuve ne peut être considérée comme valide sans une explication acceptée par la classe. À l'issue des débats, l'enseignant peut en proposer une explication.
- efficacité des différentes formules : elle dépend du nombre de points considéré

Autres éléments de l'activité

- certains élèves risquent de confondre cordes et diamètres
- un nombre élevé de points oblige la recherche d'une méthode générale
- proposer des cas qui se succèdent (5 points, 6 points, etc.) risque d'induire la preuve par récurrence

---

[13] L'image consiste en un cercle avec six points disposés de manière non régulière sur le cercle. Un point est marqué en rouge puis les cordes partant de ce point s'affichent une par une dans le sens horaire. Un deuxième point adjacent au premier est marqué en rouge et les nouvelles cordes sont tracées dans le même ordre. L'animation se poursuit jusqu'à la dernière corde.

[14] L'animation est similaire à la précédente. Les cordes tracées deux fois sont, elles, marquées en rouge.

ALAIN MERCIER

VIDEOS DE SITUATIONS D'APPRENTISSAGE

Abstract : The "ViSA" project (Learning Situations Videos) is a video database for educational research. This database entails in particular videos from the COREM (Michelet's School Observation and Research Center, headed by Guy Brousseau from 1985 to 1999). The aim of this workshop was to present the content of ViSA, and to discuss issues about indexation and and about use of the ViSA resources.

PRESENTATION DU PROJET VISA

Le projet ViSA (Vidéos de Situations d'Apprentissage) est une base de données vidéo développée sous la tutelle de l'INRP et de l'ENS Lettres et Sciences Humaines, à Lyon, en coopération avec des laboratoires de didactique ou de sciences de l'éducation[15], dans son aspect recherche. Un PPF (Plan Pluri formations) est associé, dont l'équipe porteuse est le CREAD à Rennes, sous la direction de Gérard Sensevy, PPF qui rassemble la plupart des laboratoires d'Education en France[16]. Ce projet vise à développer et animer l'instrumentation des recherches en sciences de l'homme et de la société, dans le champ de l'éducation, en constituant une base de données d'enregistrements accessibles aux équipes des laboratoires associés. Les enregistrements vidéo permettent en effet d'enrichir les analyses, mais la constitution d'un « bon enregistrement », permettant son utilisation en recherche et respectant les règles éthiques, est coûteuse en temps et en formation des jeunes chercheurs. Ces enregistrements, pour être utilisables au-delà du moment de leur réalisation, doivent être informés de manière précise : la base ViSA a donc comme premier enjeu la normalisation des informations associées. Ce travail permet de les constituer en patrimoine concernant la pratique de l'enseignement à un moment donné, les expérimentations imaginées, et peut aider soit à la validation des recherches par leur réplication, soit à des questionnements nouveaux, soit encore à la structuration des approches méthodologiques des recherches empiriques sur les situations de classe. Le PPF permettra ainsi à des équipes de travailler ensemble sur des méthodologies d'analyse, et donc sur les cadres théoriques qui les sous-tendent, à partir de données empiriques partagées. Il est en relations avec le Centre de Recherche en Education du Wisconsin (WCER), qui a développé un logiciel d'analyse qualitative open source, TRANSANA. Ce logiciel permet d'annoter les vidéos et de constituer ainsi des tests d'hypothèses sur les découpages, dans la ligne temporelle de l'enregistrement et produits à partir d'un balisage du texte, donc à la fois sur la transcription et les fichiers son et image. Les participants de l'atelier ont examiné et ont discuté les documents élaborés pour la constitution du fonds ViSA, et en particulier, les fiches descriptives correspondant aux vidéos et permettant à la fois de choisir les vidéos à demander et de savoir ce qu'il y a dans les documents papier (ils demeurent alors sur le lieu de leur production) ou numérisés (ils peuvent ainsi être versés sur ViSA) associés à une vidéo. Nous donnons en annexe 1 l'exemple d'une grille d'indexation ViSA, qui a été utilisée lors de l'atelier pour permettre aux participants d'appréhender les différentes rubriques d'une telle grille, et d'analyser leur remplissage dans le cas d'un extrait d'enregistrement spécifique.

[15] ICAR Lyon, UMR 5191 ; ADEF Marseille, UMR-P ; CREAD Rennes, EA 3875.
[16] Theodile, Lille, EA 1764 ; CREFI-T, Toulouse, EA 799 ; LAS Grenoble, EA 602 ; PAEDI Clermont-Ferrand, JE 2432 ; DIDIREM, Paris, EA 1547 ; CREN, Nantes, EA 2661 ; ESCOL, Paris, EA 2306, GRAC, Paris, MSH.

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 72 – 118.

QUESTIONS PROPOSEES AUX PARTICIPANTS LORS DE L'ATELIER

Trois types de questions générales ont été abordés dans cette partie

1) Comment entrer dans le projet pour y archiver ses données ?

- comment filmer, quelles autorisations demander ;
- ce qu'il faut entrer dans les fiches descriptives ;
- comment, pour quels objectifs dépose-t-on ;
- quels documents associer ?

2) Comment entrer dans le projet pour y bénéficier de la base de données afin de conduire des recherches nouvelles ?

- questions juridiques générales ;
- questions éthiques générales et organisation du circuit de demande (chercheur/laboratoire d'appartenance/conseil scientifique de ViSA/licence/etc.). Les réponses apportées par ViSA font que l'usage des données pour la formation sera strictement interdit ;
- questions déontologiques liées à un nouvel usage des données : l'exemple de "variations sur une leçon de mathématiques à l'école élémentaire" et fonction du Conseil Scientifique de ViSA.

L'ensemble des données étudiées dans cette partie de l'atelier est disponible sur le site ViSA, accessible depuis le site de l'INRP <www.visa.inrp.fr>

3) Quels travaux permettra ViSA en 2008 ?

L'exemple d'un travail dirigé a été conduit sur un thème mathématique (l'enseignement de l'algorithme de la multiplication) à partir des données d'un laboratoire (le COREM, Centre d'Observation et de Recherches de l'Ecole Michelet), avec les travaux sur la multiplication conduits par Guy Brousseau et les professeurs de l'Ecole, du CE1 au CM2, entre 1985 et 1999. Cette partie, entièrement pratique, a conduit à la présentation d'une série d'observations relatives à la multiplication et suivant deux classes en parallèle, avec les mêmes élèves, sur quatre ans, jusqu'à la "mise en place" de l'algorithme socialement connu et considéré comme la pratique définitive sur la question, mise en place traditionnellement réalisée en octobre, au CM1.

CONDITIONS PARTICULIERES D'ACCES A LA BASE COREM

Ce fonds intéresse particulièrement les chercheurs en didactique des mathématiques et VISA doit permettre aux futurs chercheurs, doctorants en MASTER 2, d'accéder plus directement aux travaux de Brousseau, qui en est l'auteur principal déclaré (La liste des auteurs secondaires ayant participé à la production fait partie des fiches descriptives de chaque enregistrement réalisé à partir de 1987). Des renseignements concernant le fond COREM sont donnés en annexes :

- en annexe 2, on trouvera une description globale du fonds ;
- en annexe 3, figurent des détails sur deux enregistrements qui ont été utilisés lors de l'atelier.

La consultation de l'indexation est libre sur Internet. Le chercheur ou l'étudiant chercheur qui s'intéresse à un élément du fonds fait une demande par l'entremise de son directeur de recherches et son directeur de laboratoire, qui aura préalablement intégré le projet par la signature d'une convention. Si son projet de recherche est accepté, il recevra une licence correspondant à l'accès aux données demandées, pour une durée limitée (un à deux ans). En échange, s'agissant du fonds COREM, il aidera à l'indexation et à la conservation des documents auxquels il aura eu accès (par exemple, il fera une copie des bandes VHS au format DV, dont la pérennité est un peu mieux assurée aujourd'hui, et son laboratoire défraiera la numérisation des données papier qu'il aura demandées).

Ainsi, le travail collectif sur le fonds devrait aboutir dans un délai raisonnable à la numérisation complète des archives actuellement conservées sur le site de l'école Michelet, à Talence.

ANNEXE 1 : GRILLE D'INDEXATION VISA (VERSION 0), TEST DE LA POSSIBILITE D'UNE INDEXATION, L'ENREGISTREMENT NUMERO 276 DU COREM

Intitulé du champ	Description du champ
Titre	COREM Unité 276, multiplication
Titre alternatif	Unité 276, multiplication; Fonds Brousseau (COREM); Multiplication des entiers. Algorithme de calcul; situation didactique; ingénierie didactique.
Fonds	Fonds Brousseau (COREM)
Créateur	Guy Brousseau, fondateur du COREM. Marie-Hélène Salin, directrice du COREM. XXX, Directeur de l'Ecole Michelet, à la caméra.
Contributeur	G. Brousseau; M-H. Salin; G. Deramecourt; Joel Briand; Les professeurs de CM1 de l'Ecole Michelet depuis 1971; les deux professeurs des classes de CM1 à l'Ecole Michelet en 1996 : Monique Boulounaud et Nicole Comet..
Sujet	Nombres naturels et opérations; valeur de position; arithmétique écrite; nombres entiers; Algorithme de calcul; moyens d'enseignement; 4e année scolaire,
Sujet en anglais	Natural numbers and operations on natural numbers; place value; Pencil and paper arithmetic; integers; teaching units; 4th year of School, theory of didactical situations in mathematics.
Éditeur	Centre pour l'Observation et la Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, (IREM de Bordeaux puis LADIST, université Bordeaux 1 enfin DAEST, université Bordeaux 2.
Langue	Français.
Synopsis	Travail sur le passage d'un algorithme de calcul robuste et sûr à l'algorithme expert, traditionnel et efficace, socialement connu. Le passage se fait par augmentation du coût de l'algorithme ancien dans des situations où le nouveau, présenté en ligne, est bien plus rapide (multiplications de 295 par 5000, 50) puis extension aux cas de 948 par 600, 60, 6, 606, 6006, 6600, 666, 6060, 6000, ou de 796 par 400 etc., les répertoires de 948 et de 796 et de 756 étant donnés. Recherche par groupes de 2 élèves, des résultats faciles puis des autres. Mutualisation de la technique. Mise en place de la multiplication à l'italienne, en colonnes, comme disposition de plusieurs multiplications en ligne présentée par le professeur. Exercices individuels.
Conditions de recueil	Une caméra, unité d'une heure.
Date de tournage	4 octobre 1994, 10 heures 30 à 11 heures 40.
Lieu de tournage	Ecole Jules Michelet, Talence.
Situation géographique	Banlieue de Bordeaux, cités HLM et accession à la propriété.
Commune	Talence
Adresse	xxxxxxx
Lieu dans le bâtiment	Salle spécialisée (description ci-dessus).
Situation	Dans l'enceinte de l'Ecole, qui est pour les parents et les élèves l'école normale du quartier.
Type de situation	Classe entière et travail en groupes de 2, par périodes.
Genre interactionnel	Trilogue professeur, élève au tableau, classe; dialogues élève-élève; dialogues professeur-classe.
Contexte (Situation naturelle ou construite pour la recherche)	Situation construire par ingénierie didactique, partie d'une famille de situations qui se développe sur trois ans (cf. texte de recherche et liste des séances filmées).
Rôle du chercheur	Concepteur des moyens d'enseignement, formateur des professeurs de l'école puis, observateur de la réalisation et enfin, chercheur.
Acteur(s) filmé(s)	
Type d'acteur	Professeur: Monique Comet; élèves du CM1a de l'année; une dizaine d'observateurs et visiteurs. Mais l'acteur pour le COREM était l'algorithme de la multiplication et son évolution possible.
Genre	Professeur: Féminin. Autres: inconnu.
Age	
Parcours scolaire	
Option(s) suivie(s)	
Orientation(s)	
Évaluation	
Formation initiale	Professeur: Ecole Normale d'Instituteurs.

	Elèves: Scolarité précédente. Observateurs: non coimmuniquée. Algorithme de multiplication: répertoire élémentaire de produits et technique de comptage de grilles rectangulaires puis algorithme à la grecque « per gelosia ».
Formation continuée	Professeur: professeur d'essai de l'Ecole Michelet Autres: non communiqué
Métier	Professeur: professeur des écoles, professeur d'essai au COREM.
Localisation de l'entreprise	
Parcours professionnel	
Fonction dans l'entreprise	
Positionnement hiérarchique	
Type de collaboration avec l'école ou institution de formation	
Ancienneté	
Nombre d'école(s) dans laquelle le professeur travaille	Une
Nombre d'heures travaillées par semaine	30
Discipline(s) enseignée(s)	Toutes
Participation à des groupes de recherche	Ecole intégrée dans le COREM, les professeurs ont une décharge de service importante pour participer aux recherches, ils sont volontaires mais ils doivent chaque année être cooptés par leurs pairs..
L'acteur a t'il été filmé auparavant ?	Oui, chaque année deux à trois fois depuis dix ans on peut voir le professeur comme les élèves. Et la multiplication est un des sujets importants des observations au COREM.
Commentaires	Les informations sur les élèves sont collectées au niveau de l'Ecole, mais les codes permettant de suivre les élèves durant leur scolarité sont disponibles. De même, pour les objets de savoir mathématique enseignés.
Établissement	
	Ecole Michelet
Type d'établissement	Ecole pour l'observation
Numéro RNE ou UAI (???)	
Niveaux d'enseignement	Maternelle (0) et élémentaire (1).
Zone	Aucune
Projet pédagogique de l'école	Ingénierie didactique en mathématiques.
Coordination entre disciplines	Les sciences sont intégrées aux mathématiques.
Niveau de l'école	Normal, au regard du positionnement sociologique des élèves.
Nombre d'élèves dans l'établissement	330 environ.
Nombre de classes	14
Nombre d'enseignants	XX (à vérifier)
Personnels d'appui à l'enseignement	XX (à vérifier)
Ressources matérielles	????
Domaine(s) de formation	
Secteur d'activité	
Produits & services	
Taille de l'entreprise	

Classe	
Nombre d'élèves dans la classe	25
Nombre de garçons	à vérifier
Nombre de filles	à vérifier
Age moyen des élèves	9 ans
Étalement de l'âge des élèves	8-10 ans
Schéma de la salle	
Schéma du matériel expérimental	
Comment et quand la classe utilise t'elle la salle dans laquelle est prise la vidéo?	Deux fois par an environ
Caractéristiques générales de la classe	
La classe a t'elle été filmée auparavant ?	Pas encore en ce début d'année, mais elle sera filmée trois fois. Chacune des années précédentes, chaque classe et chaque professeur sont filmés une à deux fois.
Enseignement	
Discipline	Mathématiques
Poids horaire annuel	Conformité aux programmes
Existence d'un programme officiel	Oui
La séance s'insere-t-elle dans le programme?	Oui, mais selon une interprétation originale : les élèves savent plus que ce qui est prescrit.
Année de référence du programme	XXXX
Thème	Nombres et Calcul, multiplication, Changement d'algorithme.
Plan des thèmes	
Ordre des thèmes	
Niveau scolaire	1
Type d'enseignement	
Type de séance	
Format	
Fichier vidéo	
Format du fichier vidéo	Bandes VHS, numérisation sur DVD en .vob
Taille du fichier	1 giga
Support d'origine	VHS
Qualité du fichier	Bonne
Durée	1 h 10
Localisation du document primaire	COREM
Prérequis matériel	Dans tous ces champs sur le matériel on ne sait pas de quoi il s'agit ; Est-ce que c'est le type de caméra, de micro etc…
Type de matériel	
Désignation du matériel	
Version du matériel	
Remarques d'installation	

Exploitation	
Titre de la recherche	Peut-on améliorer l'enseignement des mathématiques élémentaires et comment ?
Auteur	Brousseau Guy, ses collaorateurs et ses étudiants
Grain d'analyse	Le curriculum élémentaire d'un côté, la séance particulière de l'autre
Discipline de la recherche	Didactique des mathématiques
Année de la recherche	1970-1999
Description de la recherche	Ingénierie didactique relative à l'enseignement des algorithmes de calcul. Production de « situations » fondées sur une théorie économique de la connaissance (le savoir utilisé par un groupe social évolue pour se stabiliser au point le plus économique, qui dépend du coût d'invention d'un savoir nouveau et du coût de l'usage élémentaire du savoir commun). Les connaissances personnelles des membres du groupe sont en grande partie déterminées par le savoir commun.
Corpus de la recherche	– Les vidéos 205 et 208, 238 et 240 reproduisent la leçon dans les CM1, les deux années précédentes. – La 279 reproduit cette leçon dans l'autre CM1, la même année. . – Les vidéos 308 et 313, 386 et 399, montrent un travail sur la même question, les deux années suivantes. L'ensemble de ces enregistrements proches ouvre sur un environnement plus large, celui des séances qui portent sur la multiplication. La liste s'étend sur les années 1972 puis continûment de1989 à 98 : fiches 75, 76, 139, 169, 175, 176, 205, 206, 207, 208, 223, 226, 238, 239, 240, 252, 253, 275, 276, 279, 308, 313, 359, 386, 399 pour la multiplication des entiers ; et de 1989 à 1996 : fiches 86, 87, 88, 98, 132, 162, 163, 232, 336, 337 pour la multiplication des fractions (actuellement au programme du Collège). Au total, 10 observations en CE1, 7 en CE2, 6 en CM1, 10 en CM2.
Donnée(s) associée(s) à la recherche	Enregistrement de la discussion entre les visiteurs, qui viennent apprendre comment la théorie des situations est utilisable, et les professeurs de l'Ecole, sous la responsabilité de la directrice du COREM.
Bibliographie associée à la recherche	Peut-on améliorer le produit des entiers naturels? Brousseau G., 1974, RFP. La multiplication. Brousseau G., 1975, Bulletin APMEP. Les algorithmes de calcul. Série d'articles Brousseau G. et al. Grand N, 1975-1980. La multiplication au CE. Deramecourt G., IREM deBordeaux
Annotation chercheur	
Droits	Informations concernant les droits sur et au sujet de la ressource
Copyright	VISA
Propriété intellectuelle	Guy Brousseau et l'équipe du COREM, en particulier les membres présents lors de l'enregistrement et le professeur d'essai.
Droit privé	Toutes les personnes dont l'image est visible sur l'enregistrement.
Restrictions d'usage	Droit à l'image sur un film anthropologique, propriété intellectuelle de la réalisation filmée.
Enregistrement bipé ou flouté	NON
Données secondaires	
Type de donnée	Vidéo: Enregistrement de la réunion post-leçon, où le professeur d'essai rend compte des problèmes rencontrés devant les visiteurs et, avec la directrice du COREM, répond à leurs questions sur les principes de fonctionnement de celle-ci. Papier: – Rapport (52 pages) sur le CM1, comprenant les statistiques de la classe (âge des élèves, ambiance générale, fonctionnement des équipes pédagogique et didactique, recyclage des professeurs, recherches conduites, relations publiques, description des activités mathématiques de l'année, description des autres enseignements, contrôles trimestriels en mathématiques et français, Tests d'acquisition scolaire de fin d'année. – Fiche descriptive type COREM, numéro 276. – Fiche didactique (préparation de l'équipe). – Travaux d'élèves (brouillons et affiches). – Feuilles de notes d'observation des observateurs présents ce jour. – Cahiers personnels de chaque élève.

ANNEXE 2 : DESCRIPTION DU FONDS COREM

Date approximative et éventuellement durée sur laquelle les enregistrements vidéo ont été réalisés : de 1972 à 1999

Nombre approximatif d'heures

Depuis 1986-87, 430 bandes VHS de 1 à 3 heures.

Avant 1987 les bandes ne sont pas au format VHS :
- au format « IVC » 1 pouce, entre 1975 et 1877, Bobines I.1 à I.26; réinscrites plusieurs fois; Bobines A.1 à A.9;
- associées: 36 bobines AMPEX Quart de pouce d'enregistrements audio associés aux vidéos ou réinscrits.
- au format « Sony » magnétoscope de salon 1975, 210 bandes Scotch enregistrées entre 1977 (1) et 1981 (195) puis quelques bandes de travail jusqu'en 1985.

Il existe un carnet descriptif des enregistrements (depuis l'origine du COREM en 1973). Il existe une fiche descriptive de chaque enregistrement après 1987, lorsque le coût d'une bande est devenu tel qu'il a semblé possible de les archiver (VHS).

Formats des enregistrements :
- analogique: UMATIC, etc. : 210 + 35 éléments. VHS, 430 cassettes ;
- numérique:400DVD thématiques correspondants à des cassettes VHS numérisées.

Contexte de formation ou d'apprentissage (s'il s'agit d'enregistrements de classe donner le niveau) : enseignements des mathématiques à des élèves entre 3 et 11 ans, (de la maternelle au CM2 : trois année préprimaires, cinq années primaires).

Ces données ont-elles déjà fait l'objet d'une description, inventaire ou indexation ?
Un inventaire et une description des vidéos VHS ont été faits (Fiches de description réalisées sur le moment des enregistrements, exemplaire joint). L'inventaire de documents papiers n'est pas réalisé mais un sondage sur deux ans montre que les caisses d'archives sont nommées par le nom d'une classe (par exemple, CM1A) et l'année (par exemple, 1993-94) et contiennent en principe, pour chacune des 14 classes des écoles élémentaire et maternelle :
- la liste des élèves et leur nom informatique (trois lettres) (1 page) ;
- le rapport d'activité de la classe rédigé par ses enseignants (progression, participation aux recherches et observations) relativement aux mathématiques et au français (comprenant les textes de préparation des séances expérimentales et observées), évaluations comprenant une analyse statistique élémentaire etc. (30 à 40 pages) ;
- les devoirs d'évaluation trimestrielle de chaque élève (CAS) (3 à 5 pagesX25 élèves) ;
- les tests de fin d'année normalisés (TAS) (environ 5 pagesX25 élèves) ;
- les cahiers de mathématiques de chaque élève (classeurs A5, feuilles de travail et documents polycopiés, environ 200 pagesX25 élèves) ;
- les affiches et réalisations lors des séances expérimentales (Une par groupe, soit une dizaine par séance observée, deux à six séances par classe et par an, format A3);

Un tableau descriptif des 400 VHS a été réalisé, il donne une indexation grossière, la seule disponible rapidement à ce jour. Il est joint ici.

Deux thèmes ont été traités dans le cadre du premier travail de numérisation impulsé par contrat entre IUFM, INRP et DAEST: rationnels et décimaux au CM2, le dénombrement et la désignation à la maternelle.

Personnages principaux visibles sur les enregistrements vidéo:

Elèves (groupes dans une classe ou classes entières), professeurs (un, en séance, et l'équipe de l'école, dans les entretiens post), observateurs (un à dix, chercheurs ou responsables).

Documents associés ou pouvant être associés au terme d'un travail de ré-archivage

Productions écrites du professeur, des élèves: préparations du professeur systématiquement associées, travaux d'élèves conservés.

Description de la classe , de l'établissement: Ecoles pour l'Observation Jules Michelet (maternelle et primaire) 8 niveaux, 16 classes : archives ordinaires plus Test d'Acquisition Scolaire annuels pour tous les élèves.

Notes de l'observateur: travaux de thèses ou DEA ou rapports de recherche associés à la plupart des observations (cf. Archives personnelles de Guy Brousseau et Marie-Hélène Salin)

Questionnaires ou entretiens associées: Si effectués pour des thèses…épreuves CAS et TAS systématiques.

Autres documents: Vidéos des séances de débriefing. Travaux d'élèves, préparation de leçons, comptes-rendus d'observation, articles, thèses, comptes-rendus de recherches

Soit au total environ 300 000 pages **et 6**0 mètres cubes de documents

Autorisations d'utilisation pour la recherche (ou pour la formation):

Les documents bruts n'ont pas été recueillis dans une perspective de diffusion, mais ils sont autorisés collectivement pour un usage de recherche puisque « l'Ecole pour l'Observation Jules Michelet » était l'observatoire du COREM. Leur usage est donc soumis à un contrat de licence décrit par ailleurs.

Disciplines de recherche associées initialement:

Didactique des mathématiques, psychologie des apprentissages scolaires.

Publications en lien avec ces données:

Un CDROM a été réalisé dans le cadre d'une recherche de l'INRP sur la formation des enseignants, il n'est pas diffusé pour des motifs de propriété de l'image.

20 à 25 recherches de niveau doctoral dont les principales sont:

La mémoire didactique du professeur (Julia CENTENO, thèse publiée)

L'enseignement de la géométrie (Berthelot et M. H. Salin)

L'énumération des collections d'objet thèse de Joel Briand (niveau maternelle)

Le dénombrement (CP thèse de Habiba El Bouazzaoui (associé une série de logiciels) (4 ou 5 vidéos + productions écrites des élèves, les débriefings, les préparations (textes écrits), évaluations d'élève + évaluations annuelles sur vingt ans)

Travaux sur chacun des algorithmes d'opérations (thèses)

La mesure des grandeurs (Rapport Nadine Brousseau)

Rationnels et décimaux pour la scolarité obligatoire (rapport de Guy et Nadine Brousseau)

Les systèmes de classification d'objets (thèse de Pilar Orus Baguena)

Responsables de l'équipe de recherche et des enregistrements :

Guy Brousseau et Marie-Hélène Salin (directeurs successifs du COREM);

Bernard Sarrazy (actuel responsable du fonds et du DAEST).

Adresse email de la personne à contacter : mercier@inrp.fr

ANNEXE 3 : DESCRIPTION DU CORPUS « FONDS BROUSSEAU, COREM/ECOLE MICHELET », ENREGISTREMENTS 238 ET 276

Texte rédigé par Alain Mercier et Guy Brousseau.

INTRODUCTION

Cette unité de corpus a été recueillie suite à plusieurs travaux de recherche sur l'enseignement des algorithmes de calcul à l'école élémentaire. Les travaux sur l'enseignement de la multiplication, dont il réplique un moment essentiel, datent des années 1970-1975 (Brousseau, 1974) à l'origine de l'Ecole pour l'observation du Centre d'Observation et de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques et des travaux de Guy Brousseau qui conduiront à l'invention de la Théorie des Situations (Brousseau, 1997) et de la didactique des mathématiques en France. La recherche montre qu'il est possible d'enseigner un algorithme sûr (dit « per gelosia ») et de permettre aux élèves d'inventer l'algorithme expert « à l'italienne » à partir de leurs connaissances mais contre ces connaissances sûres mais lentes et donc peu efficaces dans certaines conditions. Elle conduira à la TSD comme « théorie de l'économie sociale du savoir ».

La réplication régulière de l'observation des leçons originales, qui sont enseignées depuis vingt ans dans l'Ecole Michelet, vise à vérifier la reproductibilité des situations originales produites par le travail d'ingénierie et a conduit à identifier un phénomène didactique dont on étudie le poids : *l'obsolescence des objets d'enseignement* dont on pense qu'elle est due à l'obsolescence de ces objets pour le professeur, et d'autre part, à montrer à un public d'experts (ici, un IEN, une formatrice IUFM, deux doctorants et des invités venus d'Amérique Latine) comment fonctionnent les situations didactiques produites au COREM.

TYPE DE SITUATIONS FILMEES

Il s'agit de deux classes de CM1, dont les deux professeurs travaillent en coopération pour définir la préparation et les effets de leurs décisions. La classe vient dans la salle spécialisée pour l'observation (hexagonale pour que la caméra sur chariot ait du recul et sans fenêtres pour qu'il n'y ait pas de contre-jour).

ACTEURS PRINCIPAUX CHOISIS

- Enseignant + les élèves collectivement+deux élèves proches de la caméra.
- Le tableau noir et ce qui s'y écrit est privilégié à tout autre observable.

L'enseignante est munie d'un micro cravate et un micro sur pied est proche du tableau noir.

Le principe de la recherche (vérifier qu'un tel enseignement est possible en montrant sa réalisation par un enseignant d'essai) n'implique pas une attention particulière aux élèves comme personnes.

DUREE TOTALE DU CORPUS VIDEO ET NOMBRE D'UNITES VIDEOS

1996 : 2 leçons en parallèle, CM1a (unité vidéo 238) et CM1b (unité vidéo 240) Ces deux unités seront seules présentées.

1997 : 2 leçons en parallèle, CM1a (unité vidéo 276) et CM1b (unité vidéo 279). Ces deux unités ne seront pas présentées.

Mais par ailleurs cette même leçon a été observée d'autres années (unités vidéo 308, 313, 386, 399, non présentées ici) et d'autres moments du processus total d'enseignement de l'algorithme de la multiplication sont observés. La liste s'étend sur les années 1972 (films OFRATEME, non disponibles) puis continûment de1989 à 98 : fiches 75, 76, 139, 169, 175, 176, 205, 206, 207, 208, 223, 226, 238, 239, 240, 252, 253, 275, 276, 279, 308, 313, 359, 386, 399 pour la multiplication des entiers (non présentées) ; et de 1989 à 1996 : fiches 86, 87, 88,

98, 132, 162, 163, 232, 336, 337 pour la multiplication des fractions actuellement au programme du Collège (non présentées).

ORGANISATION DES UNITES VIDEOS DANS LE TEMPS :

Une unité vidéo par unité de temps. Au total, 10 observations en CE1, 7 en CE2, 6 en CM1, 10 en CM2 relèvent du travail sur la multiplication comme algorithme de calcul.

TYPES DE DOCUMENTS ASSOCIES AUX UNITES VIDEOS

Documents primaires (pris en situation) :

1. préparation commune des deux professeurs,
2. photocopies des documents distribués aux élèves par l'enseignant,
3. photocopie des documents produits par les élèves de chaque classe,
4. cahiers personnels des élèves,
5. photographies des devoirs surveillés de chaque élève, en fin de chaque trimestre,
6. rapports d'observation de la séquence d'enseignement par chacune des personnes présentes,
7. questionnaires d'évaluation annuelle et analyse statistique correspondante,
8. compte-rendu et analyse, par les professeurs, de leur enseignement,
9. vidéo de l'analyse « à chaud », par les professeurs et les observateurs, de la séance.

Documents secondaires :

- compte-rendu de recherche sur l'enseignement de la multiplication (auteur : Deramecourt),
- série d'articles de la revue Grand N sur l'enseignement de la multiplication,
- article de la Revue Française de Pédagogie (Brousseau, 1974) rendant compte de son intervention au premier Colloque des Sciences de l'Education.

TAKESHI MIYAKAWA ET CARL WINSLØW

ETUDE COLLECTIVE D'UNE LEÇON : UN DISPOSITIF JAPONAIS POUR LA RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHEMATIQUES

Abstract. In this paper we introduce a Japanese format for teacher driven collaborative research on mathematics lessons, commonly known in the English speaking world as « lesson study ». We do so in general, as well as in the form of a concrete lesson study which was the key object for the workshop we gave during the summer school as part of theme 2 on documents for mathematics teaching. In this setting, the « lesson plan » is the central document both within the work of a lesson study, and for storing and publishing the results of the study.

1. INTRODUCTION

Dans les enquêtes internationales à grande échelle (TIMSS et PISA) qui visent à comparer les acquis en mathématiques des élèves dans de nombreux pays, le Japon se distingue comme un pays ou les élèves sont particulièrement performants : dans toutes ces enquêtes, le Japon obtient une moyenne parmi les toutes meilleures pour les résultats en mathématiques. Aussi une attention considérable s'est portée sur l'enseignement des mathématiques dans ce pays. Mais la stabilité et l'ampleur de cette attention de la part de la communauté internationale tient surtout aux pratiques enseignantes que l'on trouve effectivement au Japon et à l'enthousiasme de certains chercheurs (notamment des Etats-Unis) à développer cette étude. Leurs publications ont en effet mis en évidence l'existence de pratiques enseignantes tout à fait étonnantes : contrairement aux idées reçues, on n'y trouve pas un enseignement centré sur le comportement discipliné et l'apprentissage stérile de routines.

Ce qui a surtout impressionné les observateurs étrangers – dont des chercheurs qui ont passé plusieurs années aux Japon – c'est une certaine professionnalisation au Japon du métier d'enseignant. Il s'agit là, en partie, de dispositifs de travail qui sont susceptibles d'être reconstruits dans un contexte occidental, en particulier le *jugyo-kenkyuu* – "étude collective d'une leçon" ou ECL, promu aux États-Unis sous le nom de "Lesson study". En bref, il s'agit du travail collectif d'une équipe d'enseignants sur la construction par étapes d'une leçon, la "leçon d'étude". Cela implique une analyse minutieuse du sujet dans le programme, dans les manuels et dans la pratique existante de l'équipe, ainsi qu'une documentation très détaillée de la leçon développée et mise en œuvre à plusieurs reprises et sous l'observation de toute l'équipe. C'est cet objet sophistiqué de « pratique enseignante » – qui, comme on vient de le dire, est lié à la production et à l'étude de certains documents clés – que nous avons cherché à « montrer » aux participants de l'atelier, par le biais de ces documents clés ainsi que des documents et explications supplémentaires pour situer le contexte.

Nous avons d'abord présenté, assez rapidement, des explications globales sur le dispositif de l'ECL : son contexte, son histoire et ses principes pratiques. Dans les sections 2 à 4, nous reprenons ces explications de façon plus détaillée. Bien sûr, comme il se doit dans tout atelier, les participants ont été invités à se mettre au travail, pour étudier l'ECL. Pour donner une base concrète à cette étude, nous leur avons fourni une documentation d'un cas d'ECL (y compris quelques clips vidéo) et des questions précises à discuter. Dans les deux dernières sections de cet article, nous présentons rapidement ces documents et ces questions, ainsi que quelques éléments d'observation et de réflexion, produits du travail de l'atelier.

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 83 – 118.

2. CONTEXTE : LA CULTURE D'ENSEIGNEMENT AU JAPON

A bien des égards, les enquêtes internationales comme TIMSS ou PISA sont des instruments d'action politique. Ils visent à produire une image extrêmement globale des *produits* de l'enseignement des mathématiques (et d'autres disciplines) dans un pays. Dans les médias et ensuite dans la vie politique, les données de ces enquêtes suffissent très souvent à justifier le besoin de réformes voire même à amener des réformes concrètes, par exemple en vue d'améliorer les connaissances des élèves dans des domaines particuliers pour lesquels l'enquête a donné des résultats insatisfaisants. L'influence des enquêtes sur la vie politique – et même sur la vie des écoles – peut être assez directe et surprenante (Sjøberg, à paraître). Toutefois, il est clair que, même si l'on suppose que ces enquêtes donnent bien une image adéquate des connaissances (ou compétences ?) des élèves dans un sens qui est bien défini, cela ne donne a priori aucune information des mesures à prendre pour remédier à des lacunes identifiées. Une raison principale est que c'est le « produit » et non pas le « processus de production » que les enquêtes visent à mesurer ; elles ne donnent pas d'information sur ce qui se fait dans les classes, c'est-à-dire sur ce qui est, ou devrait être l'origine principale des connaissances des l'élèves en mathématiques (et, en tout cas, sur ce que toutes les réformes visent, logiquement, à améliorer).

Le "script" d'une leçon

Les études « TIMSS vidéo » (voir Stigler & Hiebert, 1999, pour une bonne introduction) ont tenté, dès l'heure des premières enquêtes TIMSS en 1995, d'apporter des informations systématiquement recueillies sur les pratiques enseignantes en classe de mathématiques. Ces études ont été initiées par des organisations et des chercheurs américains, en vue de mieux comprendre les résultats assez décevants des élèves américains, notamment par rapport aux élèves japonais. Trois pays (Etats-Unis, Japon, Allemagne) ont fait partie des premières études ; d'autres pays y ont été intégrés ensuite. Concrètement, les études sont basées sur l'enregistrement vidéo de 50 à 100 leçons de mathématiques en 4ème (8e grade) dans chaque pays, avec une organisation visant à garantir que tout enseignant de mathématiques dans chaque pays ait la même probabilité d'avoir une de ses leçons filmées. En cas de refus d'un enseignant, d'une école ou des parents à participer à l'étude, on ne remplace pas les classes concernées par d'autres ; les taux de refus reflètent donc, pour chaque pays, un écart par rapport à l'idéal de représentativité. Ensuite les vidéos sont sous-titrées en anglais et analysées quantitativement (avec des codes) et qualitativement (ce sont les grandes lignes de cette analyse qui nous intéresseraient ici). Pour plus de détails méthodologiques, voir Stigler & Hiebert (1999).

Les chercheurs ont progressivement découvert, en analysant les centaines d'heures de vidéo de classe des trois pays, une régularité surprenante dans la structure d'une leçon dans chaque pays, et aussi de grandes différences de structure d'un pays à l'autre. On peut concevoir ces régularités comme des « scripts culturels », une notion développée par exemple dans les études de cultures linguistiques de A. Wierzbicka (1999, chap. 6). Un tel « script » pour la leçon est, selon Stigler et Hiebert (1999), un phénomène profondément enraciné dans la culture enseignante, si bien qu'il est peu perceptible par ses acteurs :

> The scripts for teaching in each country appear to rest on a relatively small and tacit set of core beliefs about the nature of the subject, about how students learn, and about the role that a teacher should play in the classroom. These beliefs, often implicit, serve to maintain the stability of cultural systems over time. (Stigler & Hiebert, 1999, 87-88)

On voit là, d'ailleurs, deux types d'apport potentiel d'une étude comparative : apercevoir des régularités dans les pratiques d'un contexte que l'on croit bien connaître, et se rendre compte

que ces régularités ne sont pas « nécessaires » dans le sens qu'elles n'apparaissent pas ailleurs.

Dans cet atelier, nous avons surtout retenu le « script » identifié pour la leçon typique observée au Japon (figure 1, où il est comparé avec le « script américain »). La leçon américaine commence typiquement par des explications de l'enseignant sur un type de tâche mathématique à travailler, ainsi que la présentation d'une technique correspondante, souvent en relation avec les leçons antérieures. Ensuite, après quelques mises en œuvre de cette démarche par le professeur, les élèves travaillent à des tâches du même type, individuellement ou en groupes. L'enseignant apporte de l'aide aux élèves en difficulté. Il est intéressant de remarquer que les *techniques* sont typiquement introduites par l'enseignant, et qu'il s'agit, le plus souvent, d'une seule technique. Ce point se retrouve à partir du codage quantitatif des vidéos.

Par contraste, la leçon japonaise s'ouvre normalement par un problème ouvert (*hatsumon* : poser une question), introduit par l'enseignant. Ce problème a bien sûr un composant mathématique, mais il relève souvent d'un contexte de « la vie de tous les jours ». Il est ouvert dans le sens où ni la solution, ni les méthodes ne sont « évidentes » ou même uniques ; mais il permet des hypothèses assez immédiates chez les élèves. Il y a ensuite une période de travail individuel (ou en groupes) où les élèves cherchent une méthode pour résoudre le problème (*kikan-shido* : enseignement entre les bureaux). C'est une situation adidactique où l'enseignant observe attentivement le travail de chaque élève (en se déplaçant dans la classe mais sans intervenir, si ce n'est pour préciser, au cas de besoin, la tâche proposée). De cette manière, l'enseignant s'informe des différentes hypothèses et méthodes générées par les élèves. Dans la phase suivante, le *takuto* (dérivé de l'allemand *Taktstock*, le bâton d'un chef d'orchestre) l'enseignant appelle des élèves à présenter leur résolution à la classe, oralement ou au tableau ; il est important qu'il puisse mettre en évidence ainsi une diversité d'approches, qui font ensuite l'objet d'une discussion pour toute la classe (*neriage* : élaboration). A la fin, l'enseignant fait le point (*matome* : résumé) en résumant le travail accompli. Il peut proposer un travail à accomplir à la maison où dans la leçon suivante.

USA:

- l'enseignant introduit un type de tâche et une technique
- quelques exemples sont travaillés en classe par l'enseignant et les élèves
- les élèves travaillent individuellement avec des tâches de ce type, l'enseignant est appelé en cas de difficulté



Japon:

- l'enseignant introduit un problème ouvert (*hatsumon*)
- les élèves travaillent sur ce problème, l'enseignant observe le travail (*kikan-shido*)
- les élèves présentent leurs idées ou solutions (*takuto*)
- celles-ci sont discutées par la classe et l'ens. (*neriage*)
- l'enseignant conclut (*matome*)



Figure 1. *Les scripts d'une leçon de mathématiques aux Etats-Unis et au Japon (Stigler, 1999).*

Il est clair que la construction du *hatsumon*, pour le thème mathématique à traiter, est un point crucial pour la réussite d'une leçon selon le script japonais, dont nous n'avons rien dit ; et c'est là le point principal des leçons d'étude et donc du sujet de cet atelier. Le succès d'un *hatsumon* dépend normalement de la prise en compte du contexte et des capacités des élèves de la classe, car l'enseignant japonais ne fournit pas souvent une méthode de résolution alternative à celles des élèves (seulement dans 7% des leçons observée par l'étude TIMSS vidéo 1994-1995). Par contre, la leçon américaine commence par l'introduction de la « bonne » méthode, le plus souvent tirée du manuel.

La formation et le travail d'un enseignant

Pour les politiques éducatives, deux orientations majeures apparaissent le plus souvent : réformer les conditions matérielles de l'enseignement (par exemple en augmentant le nombre d'heures pour les mathématiques), ou changer le programme, introduire ou recommander certaines formes d'enseignement et d'évaluation (un système particulièrement rigide de méthode et de tests obligatoires a été ainsi introduit, depuis 1999, dans l'enseignement primaire et secondaire au Royaume-Uni, cf. Barnes et *al.*, 2003). De telles initiatives visent à améliorer l'enseignement en changeant ses contraintes extérieures.

Une autre approche, qui apparaît parfois aussi dans les débats, consiste à améliorer les conditions de travail des enseignants, et surtout leurs connaissances (qu'on les juge insuffisantes peut aussi être un argument pour imposer des méthodes toutes faites d'enseignement, cf. le paragraphe ci-dessus). Dans ce cas, l'attention se porte normalement vers la formation initiale et continue des enseignants. Les réformes de la formation initiale sont évidemment peu susceptibles de donner des effets rapides sur l'enseignement et l'apprentissage des élèves, aussi il y a plutôt une tendance à multiplier des modalités de formation continue d'une durée assez courte et visant des buts très concrets (par exemple un nouvel élément du programme).

Au Japon, après la formation initiale (à l'université, 4 ans), la formation professionnelle des enseignants se fait dans une large mesure à l'école, dans le cadre du *konai-kenshyu* (travail à l'intérieur de l'école). Au début de sa carrière, le jeune enseignant suit un programme d'intégration, sur une année, qui implique (Padilla & Riley, 2003) : une charge réduite d'enseignement, la supervision par un ou plusieurs collègues expérimentés, et la participation à des groupes d'étude collective de leçon (voir section suivante). L'enseignant est affecté aussi, successivement, à plusieurs écoles, pour diversifier son expérience. En général d'ailleurs, les mutations (entre écoles d'une même préfecture) nous semblent plus fréquentes pour un enseignant japonais que pour ses collègues en France ou aux Etats-Unis (normalement tous les cinq ans au Japon). Et surtout, la vie de travail d'un enseignant japonais est organisée pour permettre une formation continue collective à l'intérieur de l'école, à travers le *konai-kenshyu* : en dehors des heures de cours, les enseignants passent la journée à étudier et à discuter avec leurs collègues, dans des salles aménagées. Donc, où l'enseignant français et américain travaille plutôt seul et chez soi, en dehors des cours et des réunions organisés, le travail des enseignants japonais se fait dans une communauté, à l'école. Les observations de l'enseignement d'un professeur par ses collègues est fréquent (quasiment inexistant dans les pays occidentaux).

De telles différences auront forcément, nous semble-t-il, des conséquences importantes pour « l'identité enseignante » : basée sur l'expérience individuelle, ou sur le travail d'un groupe d'enseignants d'une même discipline. Pour nous, cette différence ne tient pas tant aux caractéristiques de la formation initiale, mais plutôt aux pratiques de l'intégration professionnelle (« *professional induction* » au sens de Padilla & Riley, 2003) et aux pratiques professionnelles ordinaires. L'étude collective de cours est une composante importante de ces deux types de pratique au Japon.

3. LES PRINCIPES ET L'HISTOIRE DU DISPOSITIF « ECL »

Avant de présenter ce qui est l'objet principal du travail de cet atelier, nous fournissons ici quelques caractéristiques générales de ce que c'est l'étude collective d'une leçon (désormais abréviée ECL), tout comme nous l'avons fait dans les remarques d'introduction à l'atelier.

L'ECL en bref

Tout d'abord, l' ECL est une pratique – on dirait une organisation praxéologique (Chevallard, 1999) – dont la tâche est, primitivement, de préparer une leçon particulière, située dans une séquence déterminée de leçons. Comme toute praxéologie, elle ne peut être comprise en dehors de son contexte culturel et institutionnel. Nous venons (section 2) d'en fournir quelques éléments. Une autre approche est celle de l'étymologie. ECL, c'est notre traduction du japonais *jugyou-kenkyuu.* On ne traduit jamais parfaitement d'une langue à une autre, encore moins quand les langues sont aussi distantes que le japonais et le français. Ainsi, nous avons retenu le mot *leçon* pour rendre *jugyou* qui peut aussi signifier « enseignement » plus généralement. De son côté, *kenkyuu* signifie aussi, parfois, *recherche scientifique*. Effectivement l'ECL partage des caractéristiques importantes avec la recherche dans ce sens (nous y revenons à la fin de la section « Le plan de la leçon »).

Une ECL est normalement conduite par une équipe d'enseignants, normalement des enseignants des mathématiques d'une même école. Mais il n'est pas rare que des enseignants d'autres écoles, ou bien des chercheurs universitaires, participent aussi, au moins à une partie du travail. Plus exceptionnellement, l'ECL se fait au niveau de la préfecture ou au niveau national.

Concrètement, on commence par fixer la leçon à construire – la *leçon d'étude* – par (au moins) les paramètres suivants : le thème mathématique par rapport au programme et aux leçons environnantes portant sur ce thème, et les buts d'apprentissage et les difficultés à surmonter par les élèves dans la leçon à construire. Normalement, pour situer la leçon, on ne se réfère pas uniquement au programme mais aussi au manuel en usage dans la classe, ainsi qu'au guide de professeur qui l'accompagne (et qui est, pour un manuel japonais, souvent plus de trois fois le volume du manuel !).

Les buts particuliers de la leçon sont l'objet des premières discussions de l'équipe, qui sont normalement suivies d'une période d'étude de documents d'appui : surtout le manuel, son « mode d'emploi » à destination de l'enseignant, et les « manières de faire » courantes (ce que nous appellerons les *plans de leçon*) pour enseigner cette leçon. Il peut ainsi y avoir plusieurs réunions aboutissant à l'élaboration d'un nouveau *plan de leçon* (voir la section suivante).

C'est ensuite le moment de l'expérimentation : un membre de l'équipe va enseigner la leçon dans une classe. Les autres participent en tant qu'observateurs, en prenant des notes. Cette leçon, qui est appelée *kenkyuu-jyugyou*, leçon d'étude (désormais abrévié LE), est, parfois, ouverte aux enseignants d'autres écoles aux niveaux municipal, préfectoral, voire même national. Comme l'ECL fait partie des pratiques ordinaires dans toute école primaire, les élèves ne s'étonnent pas de la présence occasionnelle dans leur classe d'un certain nombre (de 5 jusqu'à 20) d'enseignants qu'ils ne connaissent pas. Pour la même raison, l'organisation des classes de l'école est faite de manière à rendre possible la présence des membres de l'équipe dans une même classe.

L'équipe se réunit ensuite pour évaluer la performance, non pas de l'enseignant, mais de la leçon. On peut réviser certains points ; l'expérimentation et l'observation se poursuit dans d'autres classes, avec d'autres membres de l'équipe dans le rôle d'enseignant. Ainsi, il est capital que la leçon soit conçue, non pas comme la production de celui qui l'enseigne dans une classe particulière, mais comme un produit de l'équipe, produit que l'on est en train de améliorer. Après un certain nombre d'expérimentations et de révisions, qui peut varier considérablement, la leçon est supposée achevée ; elle existe, alors, dans le plan de leçon final qui constitue une « documentation commune » (Gueudet et Trouche, ces actes) aux enseignants et, parfois, à la communauté enseignante dans un sens plus large que nous expliquons par la suite.

Le plan de la leçon

Celui-ci est un document qui présente la leçon de façon détaillée et accessible, même aux collègues qui n'ont pas participé à sa préparation, et le contexte de la leçon. Quoique sa forme puisse varier considérablement, un tel plan est, en gros, composé des éléments suivants :

- Situer la leçon :
    - nom de la *séquence d'enseignement* dans laquelle la LE se situe, par exemple, *proportionnalité et rapport de deux quantités ;*
    - relations de la séquence au programme ;
    - plan de la séquence (avec titres de ses *unités* de leçons) et description de l'unité (ex.: *expressions pour la proportionnalité*, cf. Annexe 1 et 2) dans laquelle se situe la leçon d'étude ;
    - le sujet de la leçon, défi (pour les élèves, pour l'enseignant) de l'ECL, basé dans l'expérience antérieure et dans l'étude de documents (surtout les manuels et leur mode d'emploi, mais aussi le programme et d'autres plans de leçon) ;
    - les objectifs particuliers de l'ECL et ses « idées » principales.
- Plan détaillé de la LE, souvent présenté sous forme de tableau :
    - phases correspondantes au « script » d'une leçon (organisation temporelle, *hatsumon*) et prévisions pour les stratégies principales des élèves ;

- instructions matérielles (gestion du tableau, matériaux à utiliser, etc.) ;
- points critiques à retenir par l'enseignant (par exemples, instructions à donner aux élèves d'une façon précise, gestion de stratégies erronées etc.) ;
- points d'importance particulière à retenir pour les observations de la leçon à divers moments particuliers.

Un plan de leçon, pour le cas étudié pendant l'atelier, est donné dans l'Annexe 1.

Il faut préciser encore qu'un tel plan a plusieurs fonctions. Tout d'abord, il fournit un espace de travail commun à l'équipe : le plan matérialise et fixe l'objet de ce travail, la leçon, qui n'existe autrement que dans des formes évasives (projet à réaliser et dans ses instances de réalisation). Le plan fonctionne aussi comme un outil de *documentation*, puisqu' il est écrit de façon à être accessible aux non-participants de l'équipe (tout en supposant, naturellement, une certaine familiarité avec le genre). En particulier, il peut rentrer dans des futures ECL sur la même leçon (cf. ce qui a été dit sur la première phase d'étude d'une ECL). Mais l'usage du plan peut aussi s'étendre au-delà de l'école. En effet, il existe une diversité de modalités, pour une équipe, pour partager ses plans de leçons avec d'autres écoles, comme l'Internet, les revues professionnelles et les congrès régionaux et nationaux des enseignants. Les meilleures écoles peuvent même publier des collections de leçons à grands tirages, vendues dans les librairies. Une collection de plans de leçons, traduits en anglais, a été distribuée aux participants du 9ème congrès de la CIEM à Tokyo (JSME, 2000). Ainsi, l'ECL entraîne aussi la possibilité de partager ses résultats avec un public plus ou moins large, à travers le plan. La leçon construite devient, de cette manière, non pas seulement un objet *collectif*, mais aussi *public.*

On voit donc qu'une ECL est, à bien des égards, un travail de recherche : elle procède à partir de travaux documentés antérieurs, ainsi que de questions et de buts précis ; elle implique la formulation explicite d'hypothèses, ainsi que des points et des conditions d'observations pour les tester ; elle organise des expérimentations avec un dispositif concret (la leçon) qui « intègre» les hypothèses et permet de les tester, et qui est évalué de façon souvent très rigoureuse ; elle rend public (ou, au moins, partageable) ses résultats sous forme de document sous une forme standardisée, et permet donc en principe aux collègues de refaire l'expérience sous des conditions déterminées. Comme pour toute expérimentation dans un contexte d'enseignement, le problème de reproductibilité (ou de *transfert*) se pose bien sûr, mais le système japonais de l'éducation est suffisamment centralisé et homogène pour rendre possible une stabilité relativement importante.

L'ECL : d'où ça vient ?

Pour compléter cette présentation de l'ECL, nous tenons à signaler encore trois points : cette pratique n'est pas toute récente ; au moins une partie de ses racines théoriques (sinon idéologiques) sont venues de l'occident et ont ensuite été développées, sinon transformées, par la rencontre avec la société japonaise et son système de scolarisation ; et finalement, l'évolution de cette dernière présente des caractéristiques semblables à l'évolution de la société japonaise à plus grande échelle. Pour un compte rendu plus détaillé des origines de l'ECL au Japon, on peut consulter les références que nous citons dans ce qui suit.

Comme l'ECL est enracinée dans la culture japonaise, son origine n'est pas évidente. Pourtant, les chercheurs japonais d'aujourd'hui considèrent que l'origine se trouve dans la pratique de l'observation de leçon qui commença au cours du 19ème siècle. C'est la période de la réforme *Meiji*, largement influencée par l'Occident. En particulier, la méthode d'enseignement individuelle (qui fut dominante jusqu'au 19ème siècle) a cédé la place à l'enseignement collectif qui est aujourd'hui dominant au Japon et dans le monde entier (Isoda et al., 2007, pp. 8-15). Ce changement est lié à la formation d'un système d'éducation nationale dans la deuxième moitié du 19ème siècle. Avant, il existait des écoles ouvertes au

public, appelées *Terakoya* (école de temple) ; là, l'enseignant s'occupait des élèves individuellement. La plupart des enseignants japonais ne savaient pas enseigner un même sujet à plusieurs élèves au même temps. Pour combler ce déficit, le savoir enseigné a aussi changé profondément, avec l'introduction massive de sujets d'origine plutôt occidentale. Les mathématiques ne sont pas une exception (les « mathématiques japonaises traditionnelles » ayant dominé jusque là).

Afin de surmonter ces difficultés des enseignants, ceux-ci ont observé en premier lieu les leçons données par des enseignants invités venant de pays occidentaux. Pour cette raison, dès le début de la création d'un système scolaire en référence aux systèmes occidentaux, l'observation a constitué un noyau dans le développement de l'enseignement.

Or, l'intégration des méthodes occidentales seule ne suffit pas à expliquer la poursuite de cette pratique depuis plus d'un siècle. Même si les détails sont difficiles à préciser, on peut affirmer que la pratique de l'ECL s'est développée progressivement à partir de l'expérience de l'utilité, pour les enseignants, à observer l'enseignement d'autres enseignants.

Cette expérience, bien sûr, est liée à d'autres particularités. Il convient en particulier de mentionner le rôle des établissements (écoles primaires et collèges dans la plupart des cas) qui sont attachés aux écoles normales (fondées depuis la fin du 19ème siècle, aujourd'hui transformées, voire intégrées dans les universités). Ces établissements, situés dans chaque préfecture, prennent en charge une partie de la formation des maîtres (autant que les écoles normales) et ils soutiennent et favorisent l'observation de leçon, et plus particulièrement l'ECL. Les étudiants futurs professeurs visitent et observent des leçons dans ces établissements. Les enseignants de ces établissement les encadrent lors d'un stage qui est obligatoire pour obtenir un certificat d'enseignement. Ce qui importe ici, c'est que les enseignants désignés pour encadrer les stages sont reconnus comme des experts, non seulement par les étudiants et par l'université mais aussi par les enseignants de région ou préfecture. Les établissements attachés jouent aussi un rôle reconnu et tout à fait important dans le développement professionnel des enseignants : ils organisent des ECL ouvertes aux enseignants d'écoles « ordinaires », les enseignants de l'école attachée participent comme conseillers ou experts aux ECL organisées dans ces écoles ordinaires, ils publient des livres pour les enseignants, etc.

Ainsi, ici aussi, nous voyons que l'intérêt de l'observation de leçon par d'autres est largement partagée. Comme nous portons à la fois un regard intérieur et extérieur, nous nous permettons une comparaison plutôt « impressionniste » : il nous semble que c'est une particularité importante de l'école japonaise, par rapport aux écoles dans les pays occidentaux que nous connaissons, que l'enseignement soit systématiquement *ouvert* à l'observation. Cela ne vaut même pas seulement pour les enseignants actuels ou futurs, mais aussi pour les parents : surtout à l'école primaire, il y a au moins une fois par an une journée de *jyugyou-sankan* (visite et observation de leçon) pour les parents, afin que ces derniers puissent savoir ce qui se passe dans la classe. On reçoit aussi, sans formalité, les observateurs de l'extérieur. Surtout dans les écoles attachées, les élèves sont tout à fait habitués à la présence d'observateurs dans la classe, au point où même la visite d'observateurs étrangers ne leur surprend guère.

4. ECL : PUBLICATIONS ET REALISATIONS EN DEHORS DU JAPON

L'intérêt de l'ECL, au dehors du Japon, est considérable et paraît même croitre. Le sens de l'ECL a peut-être aussi changé : il ne s'agit plus (seulement) d'une pratique concrète qui, comme toute pratique humaine, est profondément enracinée dans un contexte institutionnel et culturel (ici, celui du Japon). Il s'agit aussi de *modèles explicites d'un processus d'ingénierie*

didactique en collectivité, donc d'une construction théorique, libérée de tout contexte pour être communiquée dans d'autres contextes (ce qui ne veut pas dire que ce soit facile à réaliser !). Après avoir expliqué brièvement la genèse de cette pratique dans le contexte du Japon, nous voulons donner maintenant quelques éléments de la genèse du modèle. Bien sûr, l'Amérique n'a pas commencé à exister le jour de l'arrivée des Européens ; mais le concept d'Amérique, peut-être. De même, l'ECL au Japon comme pratique a une histoire (section 3) qui précède l'intérêt des étrangers ; mais cette pratique n'avait pas nécessité un modèle explicite et abstrait.

« Découverte » de l'ECL par les Américains

C'est vers 1989 que James Stigler, professeur de psychologie de l'Université de Chicago, entend parler pour la première fois des pratiques de « planification collective » des enseignants japonais. Il commençait juste à diriger les recherches d'un doctorant japonais, Makoto Yoshida, et c'est celui-ci qui éveille l'intérêt de Stigler en lui parlant de ces pratiques de son pays, dans le cadre d'un projet de recherche dans le contexte américain. Des visites au Japon de Stigler et d'autres membres de son équipe contribuent à confirmer leur intérêt pour cette pratique ; l'ECL devient ainsi le sujet de la thèse de Yoshida. Dans les années suivantes, le phénomène a été décrit (et théorisé !) dans des livres à grand tirage comme *The learning gap* (Stevenson and Stigler, 1992) et *Educating Hearts and Minds* (1995). Mais il paraît que c'est surtout la publication du livre *The teaching gap* (Stigler and Hiebert, 1999) qui a déclenché un vrai mouvement d'ECL aux Etats-Unis, dont on peut s'informer tout simplement par une recherche (avec le terme 'lesson study') sur Internet.

Diffusion de la pratique de l'ECL

L'ECL est devenue depuis une pratique reconnue aux Etats-Unis, impliquant des milliers d'enseignants de mathématiques ainsi que dans d'autres disciplines au niveau de l'école primaire et secondaire (Lewis, 2002). Il y a même un réseau d'ECL pour le niveau universitaire (the *lesson study project*, http://www.uwlax.edu/sotl/lsp/), chose inconnue au Japon ! Et, depuis 2000, des pratiques d'ECL faisant explicitement référence à la pratique japonaise (souvent par le biais de la littérature américaine que nous venons d'évoquer) commencent à s'installer dans de nombreux autres pays (Isoda et al., 2007), avec en particulier une activité très importante au Royaume-Uni (NCSL, 2005). Pour l'instant, des groupes actifs d'ECL ne paraissent pas exister en France.

Un point fondamental de toutes ces expériences de « transposition » de l'ECL dans d'autres pays est que même si, bien entendu, cette transposition est toujours une adaptation où il faut prendre en compte les conditions locales, il importe de retenir *l'attention au détail* (Stigler and Hiebert, 1999, p. 95) aussi bien dans le déroulement de l'ECL (y compris la nécessité d'étude individuelle !) que dans ses objets (il s'agit d'une seule leçon – de ses objectifs, son déroulement, par rapport aux élèves). Sinon, le travail d'un groupe ECL pourrait se réduire à des discussions du genre « salle des profs durant la récréation », sans une focalisation nette sur une leçon et les subtilités de son enseignement.

5. DOCUMENTS ET QUESTIONS POUR L'ATELIERS

Le défi pour organiser cet atelier a été de faire vivre, dans l'espace restreint de trois heures, les pratiques de l'ECL venant d'un horizon lointain et d'un contexte d'éducation qui présentent de nombreuses surprises, au plan institutionnel comme au niveau de la classe. Par ailleurs, les moyens de cet atelier sont bien sûr en relation avec le thème *documents* qui sont élaboré pour l'enseignement. Le document principal dans notre contexte, est évidement le

plan de la leçon d'étude que nous avons choisi comme objet d'enseignement à étudier par les participants. Il s'agit d'une leçon qui a été développée par une équipe ECL à Tsukuba, dans les environs de Tokyo, pendant l'hiver 2006-2007. Celle-ci a été traduite du japonais en français par le premier auteur, comme tous les documents en japonais que nous avons utilisés pendant l'atelier. Nous l'avons incluse en Annexe 1.

Pourtant, il nous a paru nécessaire de montrer plus directement la pratique, aussi bien de l'équipe dans son travail en dehors de la classe, que dans la réalisation de la leçon en classe. Le premier auteur avait été, jusqu'en août 2006, post doc à l'Université de Tsukuba avant d'obtenir un poste aux Etats-Unis, et il a donc pu faire en sorte qu'une expérimentation de la leçon fût filmée, ainsi qu'une séance de discussion a priori. Pour la séance d'évaluation, malheureusement nous n'avons pas pu avoir une vidéo, mais un résumé de cette discussion a été réalisé par un membre de l'équipe. Les deux vidéos ont été d'abord transcrites en japonais, puis traduites en français. Ensuite, comme nous n'avons pas pu montrer toute la leçon ni toute la discussion, le premier auteur a produit des extraits (sous-titrés en français) d'environ 15 minutes pour la leçon et d'environ 5 minutes pour la discussion préparatoire. Ceci a permis aux participants de se familiariser avec les points principaux de la leçon enseignée et de la discussion provenant d'une phase de sa planification. Un extrait du protocole correspondant à la vidéo de la leçon a été fourni.

Finalement, nous avons ajouté au dossier des documents complémentaires nécessaires pour comprendre le contexte dans lequel cette ECL s'est déroulée :

- un extrait du programme de l'école japonaise en mathématiques, provenant d'une traduction en anglais (JSME, 2000) – surtout les parties portant sur l'enseignement en la 6ème année de scolarité obligatoire, où se situe l'ECL en question;
- une explication supplémentaire sur les notions de *taux* et de *rapport* dans le contexte de l'enseignement japonais en CM2/7ème et en 6ème (inclus en Annexe 2).
- un extrait du protocole correspondant à la vidéo de la leçon visionnée pendant l'atelier.

Ce dossier de 20 pages et les 20 minutes de vidéos, ont donc fourni les données plus ou moins « naturelles » sur lesquelles devait se baser l'étude de l'atelier.

Pour orienter la discussion, après l'introduction (comprenant le visionnage des vidéos), nous avons proposé les questions suivantes, qui ont été travaillées par des groupes de 4-5 participants pendant environ une heure et demie (incluant aussi du temps pour se familiariser avec les documents, et revoir les vidéos dans les groupes, selon les souhaits des participants) :

1. Comment le processus d'enseignement est-il structuré et anticipé? Quelles sont les variables didactiques prises en compte? Celles ignorées? (se référer en particulier au programme) ;
2. Analyser le plan d'enseignement et/ou la leçon réalisée: quelles sont les grandes phases (le script)? Comment et dans quels buts les élèves sont-ils invités à intervenir ?
3. Rapprocher le processus de l'ECL, telle que l'on vous l'a montré, des expériences du COREM à Bordeaux (Brousseau, 1998), et aux idées de la théorie des situations didactiques ;
4. Dans quelle mesure peut-on envisager d'organiser des ECL dans le système scolaire des pays des différents participants?

Ensuite, une discussion plénière d'environ une demi-heure a conclu la session – chaque groupe a pu présenter, brièvement, des éléments de réponse sur des transparents élaborés à la fin de leur travail.

6. OBSERVATIONS ET REFLEXIONS DES PARTICIPANTS

Tout d'abord, le visionnement de la leçon a donné lieu à des remarques et à des questions immédiates : les élèves ne sont-ils pas dérangés par tous ces observateurs présents ? Il y a toujours autant d'élèves (environ 35) dans une classe ? etc. – des questions évidemment importantes à clarifier pour se faire une image plus claire du contexte.

Dans la discussion finale, qui a été intense, les participants ont en particulier proposé les éléments de réponses (aux questions 1-4 mentionnées au-dessus) et de nouveaux questionnements suivants :

1. dans la leçon, la notion de « même forme » pour deux figures planes joue un rôle central, et on a remarqué que, malgré cela, l'enseignant ne fait pas d'effort particulier pour préciser cette notion de sa propre initiative. En effet, même dans la discussion des enseignants, une définition précise n'est pas évoquée. On a noté aussi que la mesure d'angle, comme entrée à cette problématique, n'a pas été prévue dans la discussion a priori, et il semble que les enseignants n'ont pas prévu de matériel pour mesurer les angles, même si cela apparaît dans la stratégie d'un élève. Pourtant, dans la leçon réalisée, l'enseignant rappelle à la classe qu'un élève a dit, la veille, que « deux figures sont de la même forme si elles ont les mêmes angles », et ainsi il n'est pas surprenant qu'il y ait des élèves qui essayent d'approcher le problème en mesurant des angles.
2. Le plan de la leçon vise principalement l'activité des élèves, et on a noté surtout l'effort pour prévoir les stratégies diverses des élèves face au problème posé. On a noté aussi que dans la classe, des stratégies plus ou moins non-prévues ont surgi, mais que dans tous les cas, l'enseignant ne donne pas d'évaluation « absolue » (vrai/faux, bon/mal) des interventions des élèves. Les élèves sont invités, par l'enseignant, à intervenir, dans un ordre strict, pour montrer les stratégies différentes (les « fausses » d'abord !) ; mais il y a aussi des interventions spontanées des élèves, et en effet ceux-ci sont « très en forme » comme l'a noté un participants. On a été surpris de voir que, jusqu'à la fin de la leçon, l'enseignant se borne à organiser (de façon rigoureuse !) le débat pour faire ressortir au maximum les idées des élèves. Les groupes ont donc reconnu les grandes lignes du « script » (cf. fig. 1), aussi bien dans le plan que dans la leçon réalisée, mais on a noté avec une certaine surprise que le *matome* n'implique pas forcément la formulation explicite d'une solution au *hatsumon* (dans ce cas, dire clairement que les deux rectangles ne sont pas de la même forme, pour les raisons suivantes que l'on vient d'établir, etc.).
3. Plusieurs groupes de l'atelier ont noté que les notions japonaises pour les grandes phases d'une leçon (cf. fig. 1) ont quelque similitude avec des notions de la théorie des situations didactiques (TSD) comme *dévolution* (*milieu*), *situation adidactique, situation de formulation*, *situation de validation*, *institutionnalisation.* Mais on a vu aussi que, par exemple, le *matome* n'est pas tout à fait identique à l'*institutionnalisation* au sens de la TSD. Les ingénieries issues du COREM font pourtant preuve d'un même souci pour faire ressortir au maximum les idées des élèves dans la construction et dans l'évaluation des hypothèses pour un problème donné. Plus concrètement, la situation du *puzzle* ressemble – et diffère – de la situation présente dans la leçon japonaise. La ressemblance n'est pas le sujet mathématique (similarité de figures planes), mais c'est surtout le fait de « cacher » dans un milieu matériel (puzzle, figures à « percevoir ») le piège – et la nécessité d'en sortir – du « modèle additif » pour la similitude (celui-ci dit que deux polygones A et B sont semblables s'il y un nombre k tel que la longueur d'un côté de B est k plus la longueur de la coté correspondante de A).

4. Pour la réalisation de l'ECL dans un pays autre que le Japon, on a noté des obstacles possibles : les enseignants n'ont ni l'habitude, ni un emploi de temps, ni des facilités matérielles (salles d'étude) qui permettent de réaliser un travail de cette ampleur à l'école, et en collectivité. Les idées d'observation mutuelle des enseignants et de « publication des leçons » ont trouvé un écho parmi certains participants. Un groupe a noté l'intérêt de l'utilité des vidéos prises en classe dans la formation des enseignants.

Il faut ajouter que, faute de temps, toutes les questions ont été abordées assez rapidement, et qu'il y a donc sans doute des points de vue qui n'ont pas été notés sur les transparents produits par les groupes (que nous avons utilisés pour ce compte-rendu) et qui n'ont pas été exprimés lors de la session finale.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur Chikara Kobayashi, actuellement le professeur du collège Takezono à Tsukuba, et ses anciens collègues à l'école primaire Teshirogi-Minami, pour avoir accepté de nous fournir des matériaux d'une ECL.

RÉFÉRENCES

Barnes, A., Venkatakrishman, H. and Brown, M. (2003) *Strategy or strait-jacket? Teachers' views on the English and mathematics strands of the Key Stage 3 National Strategy.* London: Kings College.

Brousseau, G. (1998). *Theorie des situations didactiques.* Grenoble : La Pensée Sauvage.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **19** (2), 221-265.

Fernandez, C. (2005) Lesson Study: A means for elementary teachers to develop the knowledge of mathematics needed for reform-minded teaching? *Mathematical Thinking and Learning* 7 (4), 265-289.

Fernandez, C. & Yoshida, M. (2004). Lesson Study: A Japanese Approach to Improving Mathematics Teaching and Learning. Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Gueudet, L. & Trouche, L. (2008) Vers de nouveaux systèmes documentaires des professeurs de mathématiques ? (dans ces actes)

Isoda, M., Stephens, M., Ohara, Y., Miyakawa, T. (2007) *Japanese Lesson Study in Mathematics. Its impact, diversity and potential for educational improvement.* Singapore: World Scientific.

JSME, Japan Society for Mathematics Education (2000) *Mathematics teaching in Japan.* Tokyo : JSME.

Lewis, C. (1995) *Educating Hearts and Minds: Reflections on Japanese Preschool and Elementary Education.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lewis, C (2002). *Lesson Study: A Handbook for Teacher-Led Improvement of Instruction.* Philadelphia: Research for Better Schools, 2002.

Lewis, C. (2002) Does Lesson Study Have a Future in the United States? *Nagoya Journal of education and Human Development* 2002 (1), 1-23.

NCSL (2005) *Getting started with networked research lesson study.* National College for School Leadership, Reading, Angleterre. Localisé sur Internet le 15 Oct 2007, à l'adresse http://ngfl.northumberland.gov.uk/nlc/nlg-getting-started-with-networked-research-lesson-study.pdf

Padilla, M. & Riley, J. (2003) *Guiding the new teacher: induction of first year teachers in Japan.* In Britton, E. et al. (éds) *Comprehensive teacher induction. Systems for early career learning.* Kluwer: Dordrecht.

Sjøberg, S. (à paraître) PISA and "real life challenges": Mission impossible? In Hopman, S. (): *PISA according to PISA*, à paraître.

Stevenson, H. & Stigler, J. (1992). The learning gap. Why our schools are falling behind and what we can learn from Japanese and Chinese education. New York, NY: Touchstone.

Stigler, J.W., & Hiebert, J. (1999). The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom. New York: Summit Books.

Wierzbicka, A. (1999). *Emotions Across Languages and Cultures: Diversity and Universals*. Cambridge: Cambridge University Press.

Winsløw, C. & Emori, H. (2006). Comparative research on secondary mathematics education: a semiotic approach. In K.-D. Graf et al. (eds.), *Mathematics education in different cultural traditions: A comparative study of East Asia and the West* pp. 553-566. Berlin: Springer, 2006.

ANNEXE 1 : PLAN DE LEÇON

Le but de la leçon	Développer la compétence de réfléchir par une approche de l'activité et la visualisation d'une proportionnalité entre les mesures de la longueur et la largeur qui est commune à la « même forme » dans le cas du rectangle

Plan de leçon de mathématiques 6ème Class 1

Enseignant : Chikara Kobayashi

1. Unité d'enseignement: Réfléchir sur une expression pour la proportionnalité

2. Objectif

- Remarquer la puissance du rapport qui peut être exprimé par les valeurs numériques directement obtenu de deux grandeurs, et essayer de bien l'utiliser dans la vie quotidienne (intérêt, motivation et attitude)
- Appréhender une relation entre la proportionnalité et le rapport, et l'appliquer logiquement (façon de penser mathématique).
- Exprimer par un rapport la relation de deux grandeurs, et créer un rapport égal (expression, traitement)
- Comprendre la méthode d'expression d'un rapport et l'égalité de rapports (connaissance, compréhension)

3. Pour enseigner

(1) Idées sur l'unité d'enseignement

Il y a deux méthodes pour exprimer la proportionnalité de deux grandeurs.

D'une part, exprimer l'une des grandeurs par rapport à l'autre comme grandeur unitaire ; « A est double de B », « A est la moitié de B », etc. Toutes ces expressions utilisent B comme grandeur unitaire. Dans ce cas, une proportionnalité peut être exprimée par un seul nombre. Cette méthode est enseignée dans différentes situations depuis premières années de l'école primaire. Dans l'unité de « réfléchir comme on compare » de la cinquième année, une proportionnalité « p » de « A » par rapport à « B » est obtenue par « p = A : B », et donc les élèves apprennent une méthode de réfléchir la proportionnalité d'une grandeur par rapport à une autre. Dans ce cas, le taux de pourcentage ou bien d'autre taux[17] en tant que proportion sont utilisés.

Dans cette unité d'enseignement, les élèves apprennent une autre méthode dans laquelle l'une des deux grandeurs n'est pas spécifiquement définie comme unité, mais les deux grandeurs « A » et « B » possèdent un statut complètement égal. La proportionnalité est exprimée par une paire de deux nombres entiers simples comme « la proportionnalité de 2 contre 3 ». L'unité d'enseignement envisage la compétence d'utiliser cette méthode pour exprimer et aborder une relation de grandeurs numériques, en s'appuyant sur la compréhension de la méthode d'expression d'un rapport comme « 2 : 3 » et de l'égalité entre des rapports.

(2) La situation des élèves

A la rentrée de cette année, la plupart des élèves de cette classe pouvait s'affronter sérieusement aux tâches proposées, mais certains d'entre eux ont eu des difficultés pour résoudre des problèmes avec des moyens variés. Ils ont finipar résoudre les problèmes en donnant tout simplement quelques formules et une réponse.

Considérant cette situation, on a essayé de provoquer une situation qui impose aux élèves une réflexion ou une perturbation intelligente sur les contenus déjà étudiés, ou qui permette au professeur d'apprécier leur processus de réflexion même si les élèves sont dans une démarche incorrecte. En conséquence, le nombre d'élèves qui répondent aux tâches par les formules et la réponse et/ou qui ne peuvent pas voir la signification des problèmes par des moyens divers est réduit, et ils ont graduellement acquis des attitudes de développer spontanément différents moyens de résolution.

On peut aussi trouver nombre d'élèves qui utilisent spontanément une droite graduée, résultat de l'enseignement dans lequel ils ont été conduits à réfléchir sur le fondement de la mise d'une formule sur la droite graduée, pour qu'ils ne s'appuient pas excessivement sur l'expression en langue quotidienne. Il y a quand même des élèves qui utilisent la droite graduée sans réfléchir, mais on peut aussi considérer qu'ils peuvent la choisir comme leur propre outil afin de résoudre des problèmes. Avant de commencer à voir le détail de l'unité, on présente ci-dessous le résultat d'une enquête sur cette classe:

[17] NB : au Japon, il y a d'autres taux : « Wari » est l'unité de 100 pour mille ; « Bu » l'unité de 10 pour mille ; « Rin » l'unité de 1 pour mille.

Résultat de l'enquête actuelle (garçons 17, filles 17, total 34) au 2 octobre 2006

Contenu	Problèmes	Réponses et nombre d'élèves
1 : multiple de nombre décimal	La grande sœur a bu 0.6 du lait, et la petite sœur a bu 0.3. Combien de fois du lait la grande sœur a-elle bu ?	$0.6 \div 0.3 = 2$ 2 fois 12 $0.3 \div 0.6 = 0.5$ 0.5 fois 18 Sans réponse 4
2 : Résolutions diverses	Trouver la formule de l'aire d'un triangle en utilisant le triangle donné (un triangle aigu est donné)	Plus de 3 méthodes 2 2 méthodes 3 1 méthode 16 Sans réponse 13

En ce qui concerne le multiple de nombre décimal, le nombre des élèves qui donnent une réponse incorrecte est plus important que prévu (nous avons prévu que 70 % des élèves qui pourraient avoir une réponse correcte). A la suite des entretiens avec les élèves, il est apparu beaucoup d'élèves qui ont juste mal compris l'énoncé, mais en même temps certains élèves ont eu l'impression que le quotient doit être un nombre entier. En outre, concernant le problème de la formule de l'aire, nous nous sommes rendu compte que, alors que les élèves la connaissent par cœur, la plupart des élèves ne font pas attention au processus permettant d'obtenir la formule, mais à son utilisation ou sa mémorisation. Considérant ce résultat, nous considérons qu'il s'agit d'une leçon visant le processus d'obtention et la réflexion.

(3) Moyen pour s'approcher d'un sujet de ce projet

En général, l'unité d'enseignement du « rapport » est introduite par une situation comme suit : en utilisant du café au lait ou la recette d'une vinaigrette, « dans un cours à l'école, on a fait une vinaigrette avec 2 cuillères de vinaigre et 3 cuillères d'huile. A la maison, un élève a essayé de faire cette même recette, mais il n'y avait pas de cuillère, alors… ». Ensuite une expression du rapport est donnée dans la plupart des cas. Bien que tous les manuels scolaires utilisent une telle introduction au bout d'une longue expérience, il me reste toujours certains problèmes à poser.

1. J'avais aussi donné un cours auparavant en utilisant du sirop et de l'eau en rapport avec le goût, mais il s'est terminé par un échec. Le problème qui concerne le goût est celui de la sensation. La faiblesse de cette explication se pose qu'on ne peut pas vérifier la différence subtile de goût.
2. La nécessité d'une comparaison entre la vinaigrette faite dans la classe et celle à la maison n'est pas claire.
3. L'intérêt des élèves se concentre sur la reproduction du même goût, non pas sur le problème du rapport entre le vinaigre et l'huile. Les élèves peuvent comprendre que l'un doit être double, triple, … en fonction du double, le triple, … de l'autre, mais ils se posent la question si le goût sera le même ou non dans ce cas. Ce problème est plus souvent posé lorsque le seau à la place de la cuillère est utilisé. Comme on l'avait déjà dit, cette matière d'introduire le rapport est facilement influencée par la sensation personnelle. Je me demande si elle est vraiment pertinente comme matériau de l'introduction.

Pour des raisons qu'on a vues jusqu'ici, on va aborder des figures semblables pour cette fois-ci. On voudrait faire améliorer la compétence de réflexion chez les élèves à travers un processus qui aboutisse à la perception de l'égalité des rapports entre deux côtés. En utilisant la longueur qui est visible au lieu de la proportion qui est invisible dans la vinaigrette, la relation entre les longueurs de deux côtés peut être vue comme proportionnalité, on peut donc envisager un apprentissage du rapport.

En outre, je considère qu'il est important d'aborder « la même forme » soigneusement afin de développer une compétence de réflexion. Parce que, dans le programme actuel, « agrandissement et réduction » n'est pas enseigné, je considère que cela permet aussi les élèves de développer une nouvelle manière de regarder une figure. J'envisage de dérouler une leçon dans laquelle le rapport lui même est trouvé. Donc, je n'envisage pas simplement de donner une formulation du rapport dès le début, et demander aux élèves de trouver des rapports égaux.

4. Plan d'enseignement et évaluation (7 heures)

	Hrs	Activité et contenu	I[18]	P	R	C	Critères d'évaluation (méthode)
1	1	Réfléchir sur le sens de « même forme », et classifier		⊙		○	Pouvoir comprendre qu'un dessin qui est agrandi sans changer la forme est aussi appelé « la même forme » (cahier et exposé)
	2	Réfléchir sur la « même forme » du point de vue de la proportion de deux grandeurs		⊙			Pouvoir trouver le secret caché qui est appelé « la même forme » et l'exprimer (cahier et exposé)
	3	Comprendre le sens et l'expression du rapport, et connaître la valeur de rapport				⊙	Comprendre le sens et l'expression d'un rapport, et exprimer une relation entre deux grandeurs par un rapport (cahier et exposé)
	4	Comprendre le sens et l'expression du rapport égal				⊙	Selon une unité commune, pouvoir comprendre l'égalité de rapport entre deux côtés d'un rectangle appelé « la même forme » (cahier et exposé)
	5	Comprendre comment identifier un rapport égal			⊙	○	Pouvoir comprendre une simplification du rapport (cahier, exercices)
2	6	En utilisant une propriété du rapport, obtenir une grandeur d'un rapport			⊙		Pouvoir résoudre un problème par les méthodes diverses utilisant la propriété de rapport (cahier)
3	7	Réfléchir sur un rapport exprimé par les nombres décimaux ou les fractions		⊙			Pouvoir réfléchir sur la méthode de changement d'un rapport utilisant les nombres décimaux ou les fractions à un rapport ayant les nombres entiers simples (cahier)

5. Organisation de l'enseignement dans cette classe

(1) But : pouvoir reconnaître un rectangle du point de vue de « la même forme », trouver et exprimer d'une façon personnelle la proportionnalité entre les mesures de la longueur et la largeur qui est commune à la « même forme ».

(2) Développement ♣ soutien pour orienter au sujet

Contenu et activité	Forme d'activité	Soutien et évaluation
2. S'affronter au problème en s'appuyant sur une anticipation personnelle Idées prévues des élèves a. tracer des diagonales et voir les angles → différente forme b. Superposer deux figures et trouver la même différence aux côtés → même forme	Individuel	♣ Faire exprimer les idées avec des mots, des dessins, ou une opération, au choix des élèves. Même si l'idée incorrecte, ne répondre pas simplement par une remarque, mais apprécier si une idée personnelle est bien développée. - Maximiser le partage d'idées dans le temps court. Même si la réduction d'une idée n'est pas complète, ou la compréhension ne suffit pas, faire comprendre dans le temps de discussion. - Pour l'élève qui a résolu par une méthode, insister en demandant de

[18] « I » signifie « intérêt », « P » est « pensée mathématique », « R » est « représentation » ou « expression », et « C » est « connaissance ».

c. Superposer deux figures et trouver que les diagonales ne sont pas superposables → différente forme d. La moitié du petit rectangle est proche au carré, mais le grand est complètement un rectangle → différente forme e. 3cm → 5cm : 1.7 fois ; 5cm → 7cm : 1.4 fois		résoudre par d'autres moyens. ♣ Comme préparation de la communication à l'autrui, faire bien écrire sa propre idée dans le cahier, et faire comprendre que la rédaction permet de l'approfondir et de la mieux comprendre. ♣ Pour acquérir « la compétence de réfléchir », réaliser la classe en focalisant sur ce processus d'apprentissage. Evaluation Si les élèves ont pu trouver et exprimer des idées sur le secret caché dans la proportionnalité entre la largeur et la longueur des figures étant de « même forme ». (cahier et exposé)
3. Ecouter des idées de camarades et discuter en s'appuyant sur son propre méthode - pour l'idée 'b' ci-dessus, « on ne peut pas dire que ils sont les mêmes formes si les différences sont les mêmes » - pour l'idée 'c', « les diagonales se superposent-ils, si ils sont les mêmes formes ? Qu'est-ce qu'on peut exprimer avec ce dessin ?	Tous	♣ Développer une compétence de saisir des idées par présumer des idées des camarades. ♣ Même si une idée n'est pas bien formulée, faire parler de son propre mot. ♣ Faire attention des mots lorsque les élèves commencent à parler et des mots ayant une relation avec des idées de camarades. ♣ Mettre importance sur une occasion dans laquelle un élève explique une idée de l'autrui. Faire avoir une expérience de présumer des idées et de réfléchir avec une souplesse. - Mentionner que les sommets sont sur la diagonale quand on a des rectangles ayant un même rapport entre la largeur et la longueur, et faire visualiser le même rapport.
4. Retourner à l'apprentissage et ordonner personnellement ses idées à l'aide du langage et des dessins.	Individuel	

ANNEXE 2 : INFORMATION COMPLEMENTAIRE

1. Taux

La notion de « taux » est introduite à la 5ème année de l'école primaire. Dans le manuel scolaire (*Nouvelles Mathématiques 5 vol. 2*, Tokyo Shoseki, 2005, p.41), elle est définie comme l'extrait de manuel suivant.

On appelle le « taux » le nombre exprimant la grandeur comparée par rapport à une grandeur de base.

Le taux peut être obtenu par la formule suivante.
« Taux » = « Grandeur comparée » ÷ « Grandeur de base »

Les exemples de taux donnés dans le manuel sont :

- Réduction de tarif (1400 yens → 1000 yens : 5/7) ;

- Le nombre de gagnés par rapport au nombre de jeux ;
- Le nombre d'élèves par rapport au nombre total ; etc.

La notion de « pourcentage » est introduite en tant que façon d'exprimer un taux juste après l'introduction de « taux ».

La notion de taux n'est pas limitée à deux grandeurs ayant la même nature. Les types de deux grandeurs peuvent être différents. Par exemple, la vitesse est un taux entre deux grandeurs de type différent.

2. Rapport

La notion de « rapport » est introduite à la 6ème année de l'école primaire. Dans le manuel scolaire (*Nouvelles Mathématiques 6 vol. 2*, Tokyo Shoseki, 2005, p.53), elle est définie comme suit.

> Le taux de 2 et 3 est souvent exprimé avec la notation « : » comme 2 : 3.
> 2 : 3 se dit « 2 à 3 ».
> Le taux exprimé comme cela est appelé le **rapport**.

Au Japon, la notation « : » n'entend pas l'opération de division, mais elle est seulement utilisée pour le rapport. Dans cette définition, l'objet qui est appelé « rapport » n'est pas explicite. Il peut être la valeur, la relation, etc. Dans la page suivante de ce manuel, deux autres explications sont données lors d'introduire la notion de « valeur de rapport » :

- « Le rapport est une façon d'expression du taux » ;
- « Le rapport est une méthode d'expression du taux par deux nombres. Les taux appris à la 5ème année utilisent une méthode d'expression du taux par un nombre »

Ainsi, le rapport est une méthode pour exprimer un taux dans le manuel scolaire. Or, au niveau de collège ou plus tard au Japon, le terme « rapport » est aussi utilisé pour exprimer une relation entre trois nombres (e.g., « 3 : 5 : 8 »). Dans ce cas, le terme « taux » ne serait pas utilisé, et le rapport est une relation entre certains nombres ou grandeurs.

3. La séquence d'enseignement à l'école et au collège

La séquence d'enseignement de la notion de « taux » et de la notion de « rapport » au japon est organisée avec d'autres objets enseignement comme le montre le schéma suivant. La leçon d'étude dans la vidéo se situe à la rubrique grise.

5ème année		6ème année		1ère année Collège
Pourcentage et graphe		Rapport		- Proportionnalité, proportionnalité inverse (formule, graphe)
- Sens du taux et sa méthode - Pourcentage, les autres taux	→	- Sens du rapport et son expression - Egalité de rapports		
		↓		
		Proportionnalité		
		- Sens de la proportionnalité et ses caractéristiques - Graphe de proportionnalité	↗	

ANGELA MARIA RESTREPO

A PROPOS DU PROJET MAGI

Abstract: The MAGI project led to the design of a DVD containing situations of use of Cabri-geometry in the classroom to teach geometry in primary school and first years of secondary school. This resource has been conceived for the teachers, so that they can use Cabri-geometry in class, as well as a resource for teachers educators. In the workshop, we presented the first version of the DVD and the participants were able to explore the situation "Echelle" which was included in it. Here we present the design of the DVD, the choices that were made, the development of the workshop and some results.

1. INTRODUCTION

Le projet MAGI (Mieux Apprendre la Géométrie avec l'Informatique)[19] porte sur l'intégration du logiciel Cabri-géomètre[20] dans l'enseignement de la géométrie à l'école primaire et au début du collège. Le premier des objectifs de ce projet a été de concevoir des situations de classe qui ont ensuite été expérimentées et analysées pour permettre l'élaboration de scénarios d'usage de ce logiciel à destination des enseignants. Un deuxième objectif de ce projet a été de repérer l'impact de la formation (initiale et continue) dans les pratiques d'intégration du logiciel dans les classes. L'ensemble de ce travail a permis l'élaboration, actuellement en cours, d'un DVD (DVD MAGI, Mieux Apprendre la Géométrie avec l'Informatique, Hatier, à paraître) à destination des enseignants et des formateurs d'enseignants.

Le travail en atelier a pris appui sur ce projet MAGI. Nous supposons que le DVD conçu dans ce cadre est une ressource, dans le sens de Gueudet et Trouche (ce volume), pour le professeur (et aussi pour le formateur). Nous avons traité les questions suivantes :

- quelles sont les contraintes prises en compte lors de la production de cette ressource ?
- quels sont les choix faits lors de la conception de cette ressource, notamment pour en favoriser l'appropriation par les enseignants et les formateurs ?
- quels sont les éléments constitutifs de cette ressource ?

Au cours de l'atelier, nous avons présenté différentes situations MAGI conçues pour l'école primaire et pour le collège. A partir de la structure du DVD à laquelle le groupe MAGI a abouti, nous avons proposé aux participants d'étudier la maquette actuelle du DVD, qui n'est pas encore dans sa version définitive.

L'objectif de l'atelier a été double. D'une part, les participants ont analysé les situations MAGI et le DVD en essayant de répondre aux questions. D'autre part, cet atelier nous a permis de recueillir les premiers avis extérieurs au projet sur la maquette du DVD, afin de la faire évoluer avant sa version finale.

2. DU PROJET MAGI A LA CONCEPTION DU DVD

Le premier des objectifs du projet MAGI a été de concevoir des *scénarios d'enseignement* (Clarou, Laborde & Capponi, 2001) de la géométrie pour l'école primaire et le début du

[19] L'ERTé MAGI a été créée en juin 2003 pour une durée de 3 ans. Cette équipe réunit des formateurs, des chercheurs et des enseignants appartenant à différentes catégories de personnel (conseillers pédagogiques, maîtres de conférences, maîtres formateurs, PE, PIUFM, professeur d'université…) venant de Grenoble, Valence, Toulon, Versailles, Lyon (MAGESI cf. Rabatel & Rolet, 2006) et Amiens.

[20] Pour une description de l'environnement Cabri-géomètre cf. Laborde, Baulac & Bellemain (1988) et Laborde & Bellemain (1995).

Bloch I. et Conne F. (eds.), *Actes de la XIVème Ecole d'Eté de Didactique des Mathématiques*, pp. 100 – 118. © 2008 – La Pensée Sauvage – Editions.

collège en utilisant Cabri-géomètre. Ces scénarios ont été ensuite expérimentés avec des enseignants experts, familiers de la recherche et de la Théorie des Situations Didactiques (Brousseau, 1998), et analysés pour permettre l'élaboration de versions des scénarios d'usage de ce logiciel à destination des enseignants. Le DVD, à destination des enseignants et des formateurs d'enseignants, a pour but de diffuser ces scénarios à des enseignants moins familiers i) de la recherche et ii) de Cabri-géomètre. Il fallait donc expliciter davantage des choix de conception fondés sur des choix théoriques, comme ceux de mise en place de *milieu* ou de mise en évidence de *variables didactiques*, afin de rendre ces scénarios plus accessibles aux enseignants inexpérimentés.

A partir de ces choix, les principes retenus pour le DVD ont été les suivants :

- les scénarios doivent être conformes aux programmes scolaires (contraintes institutionnelles) ;
- les scénarios doivent être utilisables par tous les enseignants, y compris par ceux sans expérience avec Cabri-géomètre ;
- le DVD doit pouvoir fournir des éléments pour la formation des enseignants[21] tels que : un lexique ; des procédures d'élèves prévues et des procédures observées ; la gestion des mises en commun grâce à des vidéos ; une bibliographie d'articles et d'ouvrages sur la géométrie dynamique et des usages.

Des conséquences sur la structure générale et le contenu du DVD :

1. le DVD comporte deux parties principales : les situations, qui sont le cœur du DVD, et une partie orientée vers la didactique, contenant un lexique de termes didactiques, des documents sur l'utilisation de la géométrie dynamique, des articles, les programmes scolaires, etc. ;
2. deux types de lecture sont possibles : une lecture rapide, pour permettre i) à l'enseignant d'avoir rapidement une idée globale de la situation et de se faire une première représentation de l'utilité et du déroulement de la situation en classe et ii) à l'enseignant qui a déjà utilisé la situation, de retrouver rapidement les éléments nécessaires à sa mise en œuvre ; et une lecture plus approfondie, notamment pour la formation, donnant accès à davantage d'informations dont l'analyse des situations ;
3. les scénarios ont été découpés en situations, afin de donner une modularité et une flexibilité au choix de mise en œuvre des situations par l'enseignant ;
4. des propositions de parcours, pour guider les enseignants qui voudraient intégrer Cabri-géomètre dans leur classe au cours de l'année scolaire ;
5. des éléments relatifs à l'appropriation de Cabri-géomètre.

3. SITUATIONS MAGI

Nous allons présenter quelques situations qui font partie du DVD. Nous avons décidé de présenter des situations à différents niveaux scolaires : une situation de prise en main du logiciel en Cycle 2 (élèves de 5 ans à 7 ans), une situation conçue pour le Cycle 3 (élèves de 8 à 11 ans), mais qui peut très bien être utilisée pour la prise en main du logiciel en début de collège, et puis finalement une situation de 5ème.

3.1. Prise en main du logiciel en Cycle 2

Cette situation a été conçue et mise en place par Teresa Assude, Jean-François Bonnet et Isabelle Le Brun à Toulon.

[21] À partir du modèle de CD-ROM de Joël Briand, Martine Loubet et Marie Hélène Salin sur les mathématiques à l'école maternelle, donner une place à une composante en didactique visant la formation des enseignants (CD-ROM, Briand, Loubet & Salin, 2004)

Les *genèses instrumentales* (Rabardel, 1995) d'un environnement de géométrie dynamique sont des processus complexes qui doivent être assistées par l'enseignant. Le *déplacement* (Soury-Lavergne, 2006) étant un élément essentiel d'un logiciel de géométrie dynamique, il semblait important aux concepteurs de cette situation de commencer par une activité motrice qui permette aux élèves de manipuler le logiciel en déplaçant des points et des objets (cercles), afin qu'ils apprennent en observant les gestes nécessaires à ces déplacements, les leurs et ceux des autres élèves.

Objectif de la séance

- Prise en main du logiciel, notamment en ce qui concerne le déplacement, introduction de trois types de points (les points libres, qui peuvent être déplacés partout dans le plan, les points sur objet, qui se déplacent seulement sur l'objet auquel ils appartiennent (droite, segment, cercle…), et les points fixes qui ne peuvent pas être déplacés directement, comme les points d'intersection ou les milieux de segments).

Compétences visées en ce qui concerne le logiciel

- déplacer des points ;
- déplacer des objets (cercle) ;
- utiliser la trace pour visualiser des trajectoires ;
- reconnaître des formes géométriques comme trajectoires de points (segment, cercle, carré) ;
- identifier trois types de points : points libres (déplaçables dans le plan, sans aucune limitation), liés à un objet (déplaçables seulement sur l'objet auquel ils appartiennent) et les points « fixes » (qui ne sont pas déplaçables directement, comme les points d'intersection ou les milieux de segments) (Assude et al., 2006).

Compétences visées en ce qui concerne l'espace et la géométrie

- décrire une figure ;
- utiliser le vocabulaire approprié en ce qui concerne des objets géométriques (cercle, carré, segment) ;
- repérer des relations spatiales (intérieur, extérieur) ;
- reconnaître des formes géométriques (segments, carrés, cercles).

3.1.1. Première activité : « Des ronds bleus et rouges »

Le professeur donne la première consigne : « *qu'est-ce que vous observez ?* ». Les élèves observent les figures déjà construites, comme dans la figure 1, et on attend qu'ils disent : « *Des ronds bleus et rouges, des grands et des petits, éventuellement trois petits rouges et un grand rouge, et trois petits bleus et un grand bleu* » Le professeur peut parler ici de cercle.

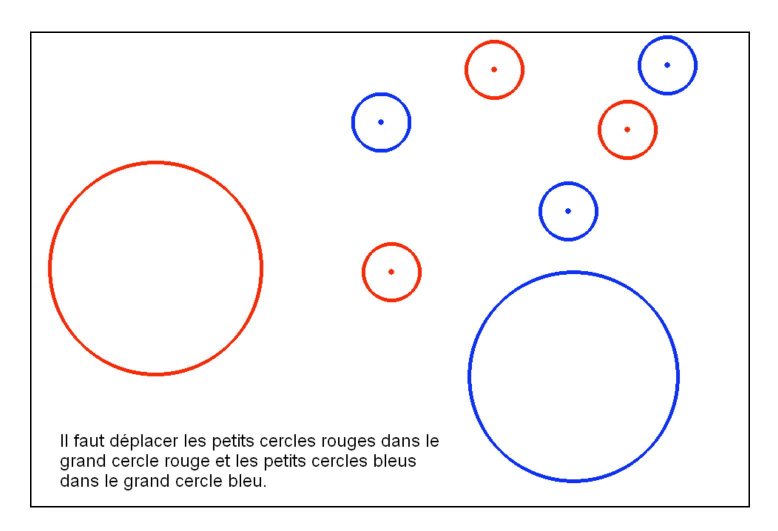


Figure 1. *Les élèves doivent déplacer les petits cercles bleus à l'intérieur du grand cercle bleu et les petits cercles rouges à l'intérieur du grand cercle rouge*

Le professeur donne la deuxième consigne : « *vous allez déplacer les petits cercles bleus à l'intérieur du grand cercle bleu et les petits cercles rouges à l'intérieur du grand cercle rouge. Pour cela, que faut-il faire ?* ». Le professeur va ici donner des informations sur la manière de déplacer les points et les cercles. Lorsque tous les élèves ont réussi, le professeur donne alors la troisième consigne : « *qu'observez-vous maintenant ?* » et ensuite « *quelle différence entre ce que vous avez observé tout à l'heure et maintenant ?* ». On attend que les élèves répondent : « *avant les petits cercles rouges étaient à l'extérieur du grand cercle rouge et maintenant ils sont à l'intérieur* ». On cherche à développer chez les élèves la compétence à observer des figures, à identifier des objets géométriques et aussi à identifier certaines relations entre ces objets géométriques.

Le professeur charge la figure telle qu'elle était au départ et active la trace. Les élèves doivent déplacer les petits cercles à l'intérieur des grands cercles, mais la trace des déplacements leur permet de visualiser les déplacements qu'ils font pour passer les petits ronds de l'extérieur à l'intérieur des grands ronds (voir figure 2 ci-dessous).

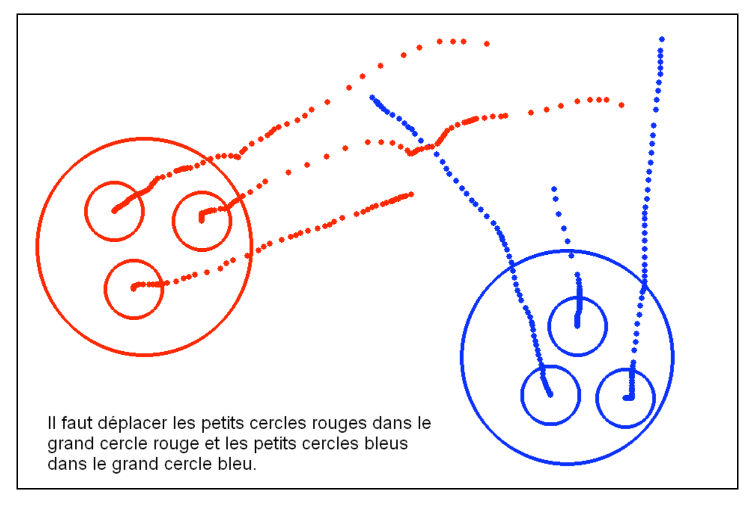


Figure 2. *Dans un deuxième temps, le professeur active la trace et les élèves peuvent visualiser la trajectoire du centre des petits cercles*

Dans cette activité, on veut que les élèves apprennent à manipuler le logiciel en identifiant des points et des cercles qui peuvent se déplacer. On veut aussi que les élèves décrivent la figure statique (cercles rouges et bleus, grands et petits) et qu'ils décrivent des relations

spatiales (extérieur, intérieur), et des relations d'intersection (se coupent, ne se coupent pas). Enfin on veut que les élèves sachent utiliser la trace pour visualiser une trajectoire.

3.1.2. Deuxième activité : Les fourmis

Les élèves ouvrent un fichier où ils peuvent observer 5 points A, B, C, D, E représentant des petites fourmis et un point N représentant la nourriture comme dans la figure 3. La situation est présentée ainsi aux élèves : *Des petites fourmis cherchent à manger. Elles doivent aller chercher à manger au point et doivent revenir chez elles. Nous allons aider les petites fourmis à se déplacer pour aller chercher à manger, mais elles ne peuvent pas aller partout. Quel trajet peut faire chaque fourmi ? Vous allez commencer par la fourmi A, ensuite les fourmis B, C, D et E dans l'ordre. Est-ce que toutes les fourmis auront à manger ?*

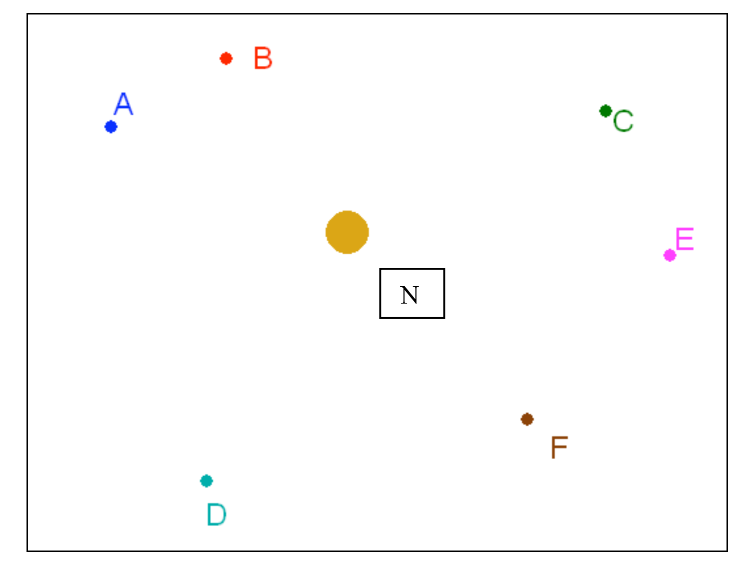


Figure 3. *A, B, C, D, E et F sont des fourmis qui doivent aller chercher du miel à* ***N***

Le professeur doit donner comme indication que les fourmis se déplacent à partir du point et non de la lettre. Le point A se déplace sur une droite qui passe par N ; le point B sur un cercle passant par N ; le point C sur un segment qui ne contient pas N ; le point D sur un carré dont N est un des sommets ; le point E est un point libre, alors il peut être déplacé partout dans le plan ; le point F est un point « fixe », alors il ne se déplace pas (voir figure 4 ci-dessous).

Lorsque les élèves ont réussi à déplacer les points, on leur demande si toutes les fourmis auront à manger. Ils vont dire que non puisque la fourmi C ne peut pas aller jusqu'à N et que la fourmi F ne peut pas bouger. Ensuite, on leur demande s'ils ont observé le trajet des différentes fourmis. Ils n'ont pas forcément observé ce trajet. On leur dira ensuite, en utilisant la trace, d'observer quel est le trajet de chaque fourmi.

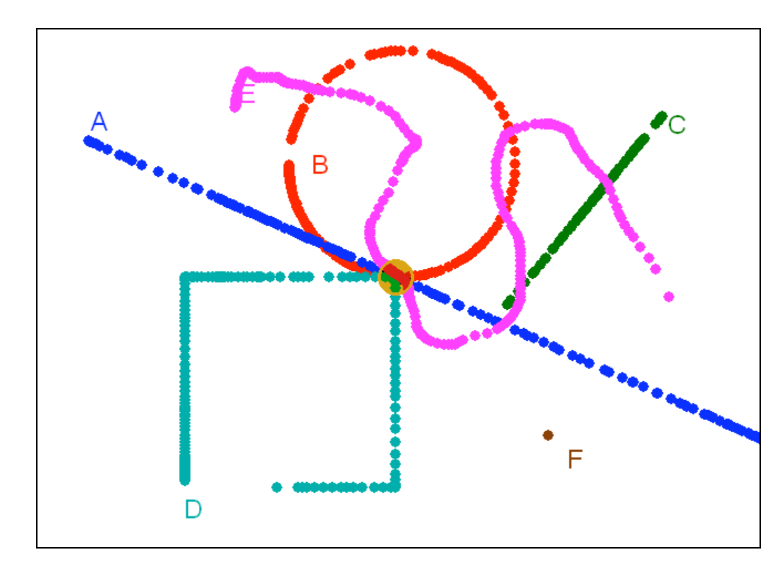


Figure 4. *Lorsque l'on active la trace, on peut voir la trajectoire suivie par les points A, B, C, D, E et F.*

L'objectif est que les élèves puissent manipuler des points libres et des points sur objet, qu'ils puissent reconnaître des formes qui correspondent à des trajectoires (carré, segments et cercles) et qu'ils puissent utiliser la trace pour visualiser ces trajectoires.

3.2. Pajérond : une roue à construire en cycle 3

La situation Pajérond a été conçue par Claude Fini, formateur à l'IUFM de Grenoble, pour être utilisée en cycle 3, à l'école primaire, ou au début de collège. C'est une situation assez simple dont le but principal est de faire que les élèves prennent conscience du besoin de construire le milieu de deux points donnés en utilisant des outils mathématiques.

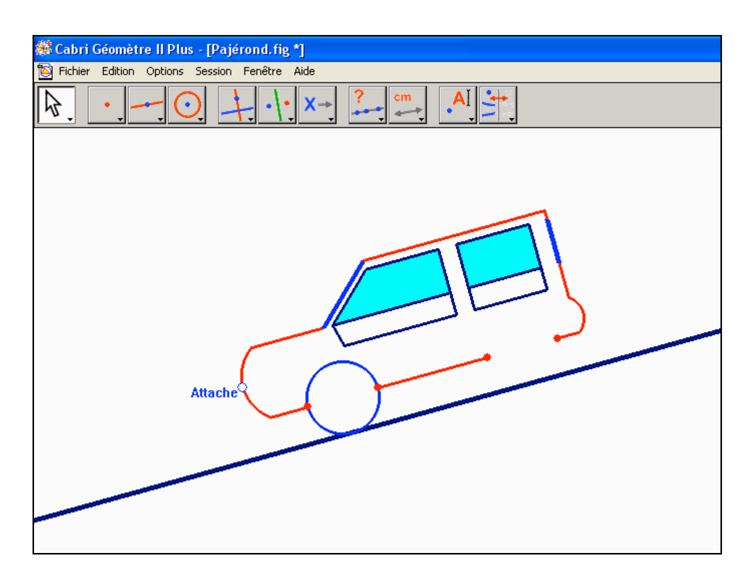


Figure 5. *Pajérond : une voiture sans une roue.*

3.2.1. La situation

On demande aux élèves d'ouvrir le fichier Pajérond et de dire ce qu'ils observent (voir figure 5 ci-dessus). Rapidement, ils comprennent qu'il s'agit d'une voiture à laquelle il manque une roue et que leur rôle est de construire cette roue manquante.

La première stratégie utilisée par les élèves consiste à construire un cercle au jugé. Cependant la voiture doit pouvoir rouler (consigne donnée par l'enseignant). La situation

étant proche de leur réalité, elle permet aux élèves d'anticiper et de voir que lorsqu'ils déplacent la voiture, il n'est pas normal que la roue reste sur place comme on peut voir dans la figure 6. Ils peuvent donc invalider cette stratégie erronée.

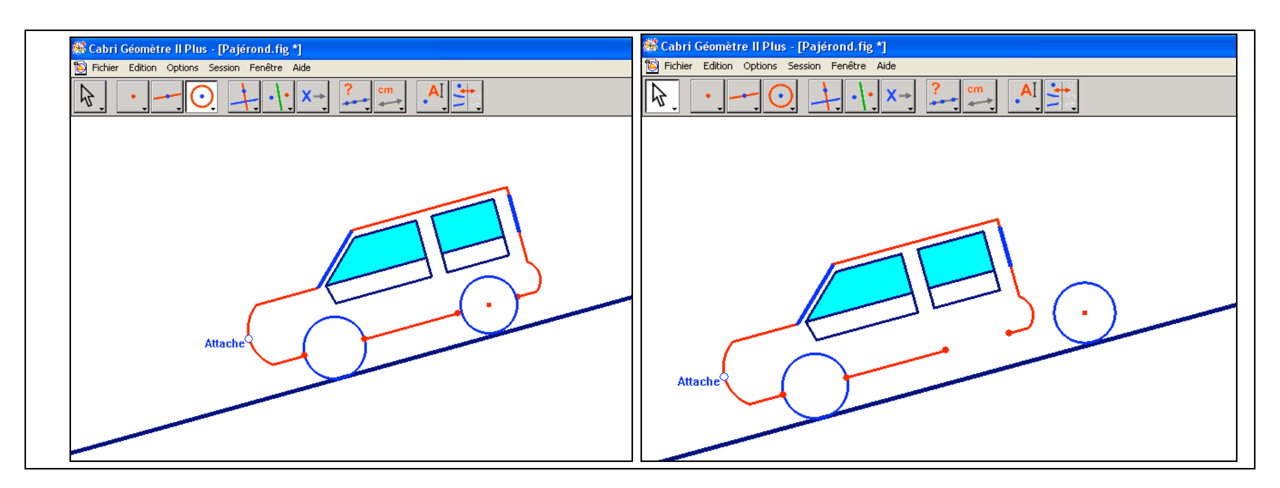


Figure 6. *Si l'on construit la roue perceptivement et que l'on fait rouler la voiture, la roue ne reste pas accrochée à la voiture*

Les élèves ne changent pas forcément de stratégie du premier coup. Au contraire, ils vont réessayer plusieurs fois la même stratégie, en plaçant le centre, à vue, « bien au milieu », mais cedtte stratégie s'avère erronée à chaque fois. Ils peuvent aussi essayer « d'attacher » la roue à la voiture, mais à nouveau le déplacement invalide cette stratégie erronée comme l'on voit dans la figure 7. Puisque Cabri-géomètre ne propose pas d'outil qui permette de construire un cercle de diamètre donné, il oblige les élèves à construire explicitement le milieu de ces deux points.

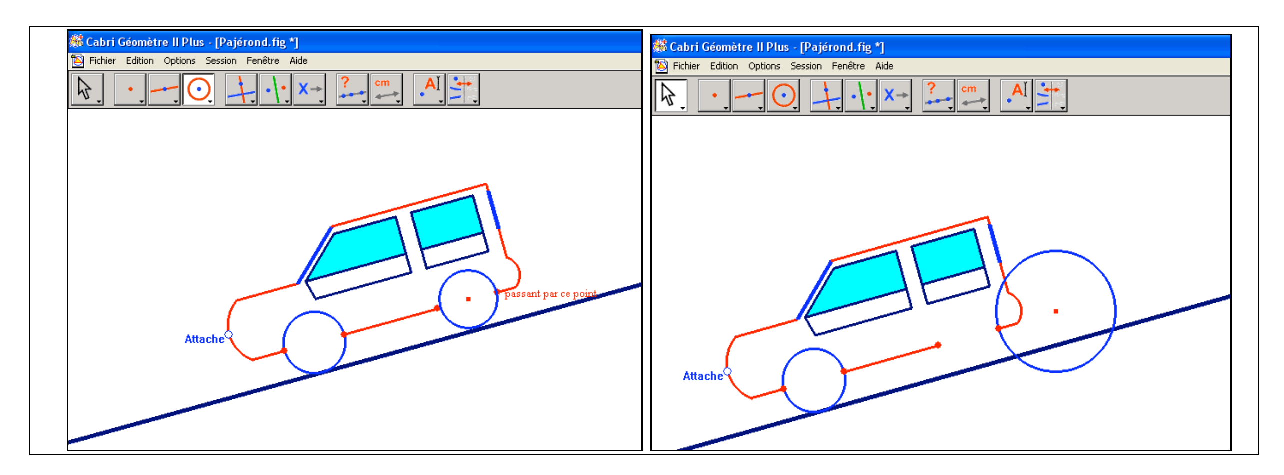


Figure 7. *Il ne suffit pas de construire le cercle passant par un des points d'accroche ; les élèves sont obligés de passer par la construction explicite du milieu*

3.2.2. Quelques conclusions

Le déplacement ne permet pas forcément d'avoir la solution, ni de réussir à trouver une stratégie optimale. Cependant, il permet aux élèves de comprendre la situation et d'anticiper le comportement de la figure construite, ce qui n'est pas très souvent le cas dans des situations d'ordre plus mathématique.

Grâce à cette anticipation, les élèves arrivent à invalider et à donner du sens à l'invalidation des stratégies erronées, et continuent à chercher la solution. Le déplacement facilite donc la dévolution du problème.

3.3. Un quadrilatère particulier en 5ème

Cette situation a été conçue par Sylvia Coutat dans le cadre de sa thèse (Gousseau-Coutat, 2006). Elle fait partie d'une série de situations qui portent sur la preuve et la distinction entre hypothèses et conclusion, en utilisant la géométrie dynamique.

Les objectifs principaux de cette situation sont d'amener les élèves à :

- travailler sur les propriétés géométriques du parallélogramme ;
- différencier hypothèses et conclusion dans un théorème en utilisant le *déplacement mou* (Healy, 2000 ; Laborde, 2005).
  Le déplacement mou consiste à ajouter à une figure déjà réalisée (qui satisfait une partie des hypothèses du théorème) des contraintes géométriques éphémères qui satisfont momentanément toutes les hypothèses et qui permettent d'observer la conclusion ;
- formuler de manière personnelle une propriété géométrique à partir des observations et des manipulations faites.

3.3.1. La situation

On demande aux élèves de construire un quadrilatère ABCD dans l'environnement Cabri-géomètre, de construire M milieu de [AC] et N milieu de [BD] et de déplacer le point C pour que les points M et N soient confondus (voir figure 8), puis d'écrire, dans le tableau ci-dessous, ce que devient le quadrilatère ABCD et de résumer le tableau en une seule phrase.

Constructions / Déplacement	 ▪ Construis un quadrilatère ABCD. Sélectionne l'outil Polygones de la boîte Lignes. À chaque clic, nomme les sommets A, B, C, D, reviens au point A pour terminer. ▪ Construis M milieu de [AC] et N milieu de [BD] ▪ Déplace le point C pour que les points M et N soient confondus. Que devient ABCD ? --
Observations	--

Tableau 1. *Tableau à remplir par les élèves et à partir duquel ils devront formuler en une seule phrase la propriété géométrique obtenue.*

Essaie de résumer en une phrase le tableau ci-dessus.

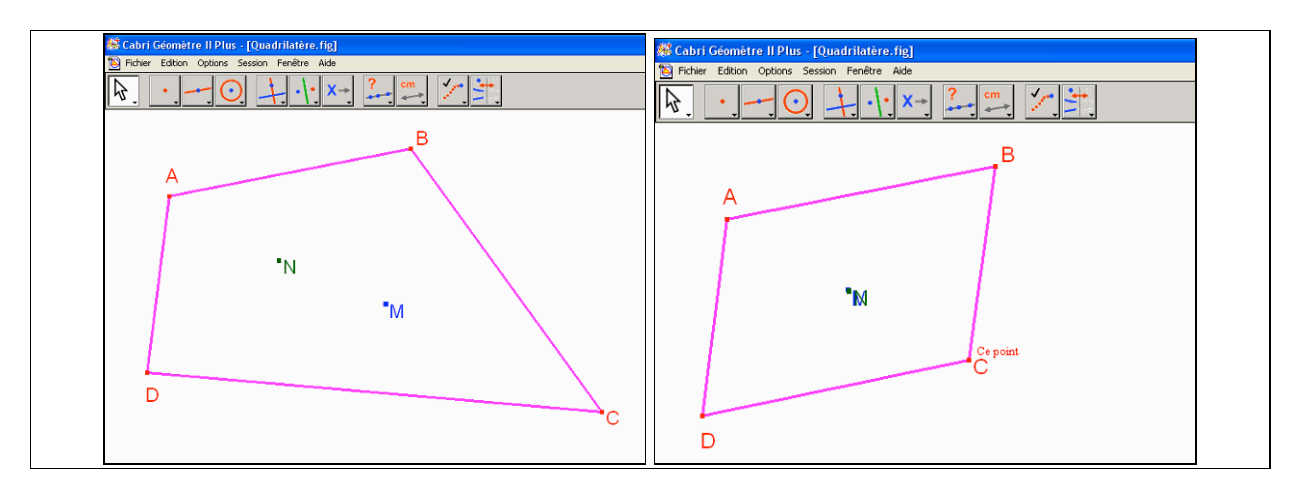


Figure 8. *Dans le quadrilatère ABCD, on déplace le point C pour que les milieux des diagonales soient confondus. Qu'est-ce qu'on observe ?*

3.3.2. Analyse de la situation

Trois moments sont essentiels dans le développement de cette situation : le déplacement correspondant à la réalisation des contraintes, l'observation correspondant à l'identification de la conclusion et le résumé du tableau amenant une formulation personnelle de la propriété. Le déplacement utilisé par les élèves pour réaliser les contraintes est un déplacement mou, c'est-à-dire qu'il produit une configuration qui ne résiste pas au déplacement. Cette utilisation particulière de l'outil déplacement permet d'organiser les éléments du Cabri-dessin (la figure de géométrie dynamique cf. Laborde et Capponi, 1994) pour qu'ils aient des caractéristiques éphémères, puis, dès que l'on change un des éléments, ces caractéristiques disparaissent. Ce déplacement se fait avec un contrôle de la part de l'élève, par exemple un contrôle sur deux points pour qu'ils soient confondus.

Une fois que la ou les contraintes sont réalisées à l'aide du déplacement, l'élève est amené à faire une observation. L'observation est le résultat d'une appréhension perceptive du dessin, si celui-ci le permet. Cependant, les élèves peuvent aussi utiliser les outils Cabri afin d'identifier ou de valider certaines caractéristiques (parallélisme, perpendicularité, même mesure, etc.). Nous attendons que les élèves identifient une évolution, une transformation, entre la forme construite et la forme observée et que cette transformation soit éventuellement associée au déplacement.

L'utilisation du déplacement par l'élève est primordiale car elle permet d'associer un geste à une observation, d'investir l'élève dans la tâche et de matérialiser la différence entre contrainte et conclusion. Dans la réalisation de la coïncidence de M et N, l'attention est portée sur ces deux points tandis que la forme parallélogramme obtenue ne nécessite aucun autre geste, elle est conséquence du geste précédent. Ces manipulations deviennent intéressantes du point de vue du processus de *médiation sémiotique* (Falcade, Laborde & Mariotti, 2007). En effet, ces gestes associés à l'observation peuvent dans un premier temps devenir des signes tournés vers l'extérieur, c'est-à-dire vers la réalisation d'une tâche. En demandant à l'élève d'expliciter et d'articuler ces gestes et observations, ces derniers évoluent de signes *externes* en signes *internes*, c'est-à-dire tournés vers la pensée du sujet.

Le résumé du tableau en une phrase correspond à une formulation personnelle de la propriété par l'élève. Il contribue au processus de médiation sémiotique par les signes associés au déplacement pour la formulation et l'articulation du lien entre les constructions et l'observation.

Cette tâche permet un travail sur l'organisation interne de la propriété en mélangeant éventuellement ce qui relève du spatio-graphique et ce qui relève du théorique. Les

constructions et déplacements peuvent être identifiés aux contraintes de la propriété. Les observations constituent l'explicitation de la propriété. La structure du tableau complété par l'activité devient un outil d'appropriation du lien contraintes-conclusion. C'est ensuite grâce aux interventions de l'enseignant que le passage du spatio-graphique au théorique est initié.

4. PRESENTATION ET TRAVAIL SUR LA MAQUETTE DU DVD

4.1. Présentation et exploration de la maquette du DVD

Afin de pouvoir travailler sur la maquette du DVD, l'atelier s'est déroulé en salle informatique, dans laquelle nous avons eu plusieurs contraintes (Cabri-géomètre n'était pas installé sur les ordinateurs et l'on ne pouvait pas installer une version d'essai ; enfin il n'y avait pas de son sur les ordinateurs).

La maquette du DVD contenait la situation : « Echelle »[22].

Les participants de l'atelier ont pu explorer par binômes la maquette de DVD et on leur a demandé de répondre aux questions suivantes :

- Q1 : Quels éléments fournis dans la description de la situation permettent à l'enseignant de placer cette situation dans sa progression ? Quels sont les éléments qui manquent ?
- Q2 : Quels éléments fournis dans le DVD servent ou peuvent servir à la formation des enseignants ? Quels sont les éléments qui manquent ?
- Q3 : Quels éléments fournis dans le DVD donnent des informations à l'enseignant sur l'utilisation souhaitée de Cabri-géomètre par les élèves ? Quels sont les éléments qui manquent ?
- Q4 : Quels éléments fournis dans le DVD concernent :
  L'appropriation de Cabri-géomètre par l'enseignant ?
  L'appropriation des situations par l'enseignant ?
  Quels sont les éléments qui manquent ?

[22] Voir Annexe 1. Maquette du DVD : Situation « Echelle »

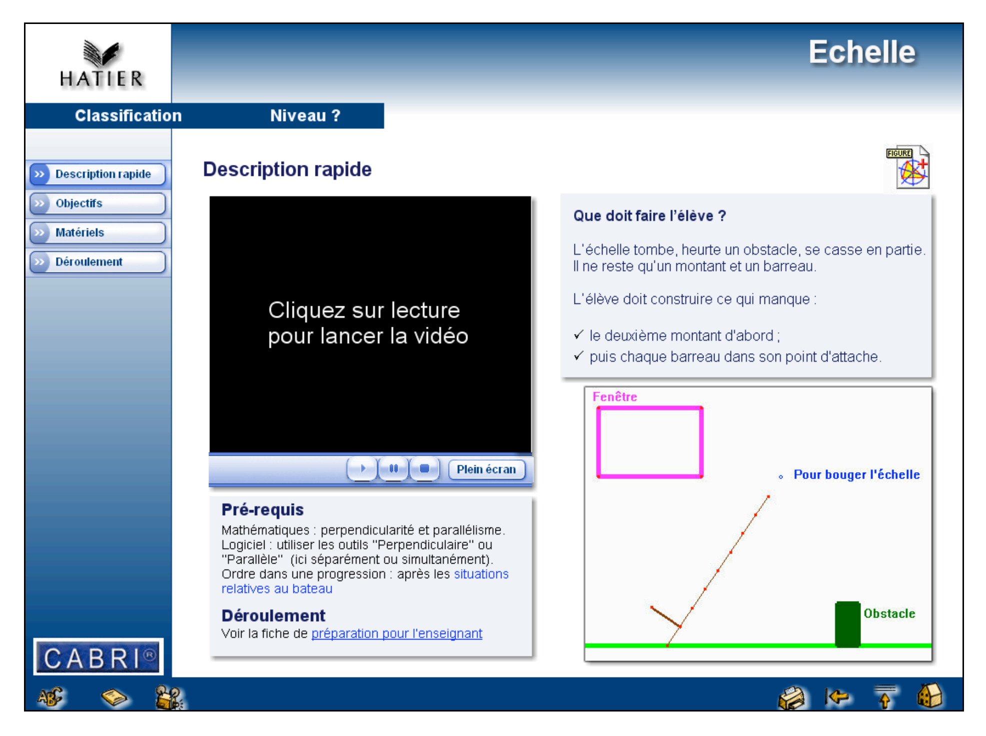


Figure 9. *Maquette du DVD MAGI ; situation « Echelle »*

4.2. Quelques éléments de réponse

Sont présentés ici des éléments de réponse aux questions, obtenus à la fois à partir d'une analyse a priori que nous avons réalisée avant l'atelier et à partir des réponses des participants à l'atelier. D'autre part, les éléments manquants indiqués proviennent des réponses données par les participants de l'atelier.

4.2.1. Q1 : Quels éléments fournis dans la description de la situation permettent à l'enseignant de placer cette situation dans sa progression ? Quels sont les éléments qui manquent ?

Éléments qui permettent à l'enseignant de placer cette situation dans sa progression (ils sont fournis dans les rubriques suivantes du scénario) :

- Objectifs (problème mathématique ; objectifs mathématiques ; maîtrise du logiciel ; apports du logiciel)
- Intégration dans une progression
- Liens entre environnements
- Prolongement
- Place dans une progression
- Adaptations possibles
- Exercices supplémentaires
- Description du déroulement en classe
- Fiche de préparation pour l'enseignant

Eléments manquants :

- La progression (pré-requis et prolongement) ne paraît pas donner assez d'informations pour que l'enseignant puisse vraiment savoir à quel moment devrait avoir lieu cette situation ; comment situer l'introduction de cette connaissance et cette situation ?
- Il semblerait nécessaire de donner un tableau récapitulatif qui synthétise toutes les informations concernant la situation ;

- Il manquerait des informations à propos des éléments de milieu et de validation : dans quelle géométrie se place-t-on ? Quels éléments permettent d'invalider la construction des élèves ? Le déplacement pour invalider une construction vient d'une mise en place dans le contrat didactique, cependant ces informations n'apparaissent pas ici dans le DVD.

4.2.2. Q2 : Quels éléments fournis dans le DVD servent ou peuvent servir à la formation des enseignants ? Quels sont les éléments qui manquent ?

Éléments pour la formation des enseignants : ils figurent dans les rubriques :

- Analyse a priori / a posteriori
- Choix / Variables didactiques
- Rôle de l'erreur
- Validation
- Séquences vidéo permettant de voir comment est réalisée la validation/invalidation
- Séquences vidéo pouvant servir à les analyser
- Glossaire, Textes officiels
- Possibilité d'adaptation de cette situation à une autre ; utilisation du menu pour la description d'autres situations
- Modèle de fiche de préparation
- Organisation de la classe (phase de recherche, de débat, de validation…)

Il manque :

- Une explicitation plus détaillée à propos de l'intérêt didactique du logiciel, qu'est-ce qu'il apporte à la situation ?
- Un déroulement phase « trace écrite » plus complet: collectif ? individuel ? quel déroulement ? Pas assez d'éléments à propos de cette articulation : allers-retours entre papier/crayon et le logiciel ?
- D'autres vidéos dans lesquels on puisse voir des constructions qui ne marchent pas, des situations dans lesquelles les élèves ne réussissent pas
- Des éléments à propos de l'organisation de la classe matérielle (vidéo projecteur ? élève pilote ?)
- Des éléments sur le rôle des élèves (qu'est-ce qu'un élève pilote ? comment le choisir ?)

4.2.3. Q3 : Quels éléments fournis dans le DVD donnent des informations à l'enseignant sur l'utilisation souhaitée de Cabri-géomètre par les élèves ? Quels sont les éléments qui manquent ?

Eléments donnant des informations à l'enseignant sur l'utilisation de Cabri-géomètre par les élèves ; ils sont donnés dans les rubriques :

- Les vidéos
- Procédures attendues / observées
- Maîtrise / Apport du logiciel

Il manque des informations sur les points suivants :

- Qu'est-ce que doivent savoir les élèves au moment de cette situation ?
- La genèse des instruments parallèle et perpendiculaire paraît être simultanée avec la mise en place des connaissances mathématiques. Comment gérer la mise en place de ces 2 genèses ?
- La fonctionnalité « cacher/montrer » est un peu ambivalente : on l'utilise ou pas ? Il n'y a pas de véritable justification de pourquoi elle n'est pas utilisée ;

- Dans l'analyse a priori de la construction (l'ordre de construction : « l'élève doit construire ce qui manque : le deuxième montant d'abord ; puis chaque barreau dans son point d'attache. »), il faudrait expliquer d'avantage ce choix. Les élèves peuvent commencer par construire les barreaux, puis le deuxième montant en traçant une droite qui passe par les extrémités des barreaux, cependant cette stratégie ne nécessite pas la construction du montant perpendiculaire aux barreaux ;
- La mention « Préciser aux élèves que pour cette activité la longueur du deuxième montant peut être approximative (mais pas sa direction !) » ne paraît pas cohérente. On ne peut pas demander aux élèves que certaines choses soient faites de manière précise et d'autres de manière approximative.
- Les autres types d'erreurs, les autres erreurs de manipulation.

4.2.4. Q4 : Quels éléments fournis dans le DVD concernent : L'appropriation de Cabri-géomètre par l'enseignant ? L'appropriation des situations par l'enseignant ? Quels sont les éléments qui manquent ?

Eléments concernant l'appropriation de Cabri-géomètre par les enseignants :

- La fiche de préparation
- Les séquences vidéo
- Les fichiers Cabri-géomètre (avec le choix des outils ; parallèle/perpendiculaire)
- Validations
- Rôle du maître

Il manque des éléments sur :

- L'appropriation du logiciel par l'enseignant
- La justification de la barre d'outils. Possibilité de flexibilité pour les enseignants, mais il faudrait justifier ce qu'on laisse (les objectifs, qu'est-ce qu'on travaille dans Cabri-géomètre et en mathématiques ?)
- La manière dont l'enseignant organise la validation dans la mise en commun.

Éléments qui concernent l'appropriation des situations par l'enseignant :

- Fiche de préparation pour l'enseignant
- Prolongements possibles
- Description de l'organisation du déroulement (2 phases individuelles)

Il manque des éléments sur les points suivants:

- « Prévoir les groupes passant sur Cabri-géomètre et les activités pour le reste de la classe » : que faire avec l'autre groupe ? Aucune information donnée à ce propos.
- A propos des outils de Cabri-géomètre : il semblerait nécessaire de savoir utiliser l'outil parallèle et/ou perpendiculaire mais en même temps c'est l'objet d'apprentissage, ne serait-ce pas un peu un cercle vicieux ?
- Quelles connaissances mathématiques permettent *l'instrumentation* ?
- Quelles questions pourraient être posées par l'enseignant ?

CONCLUSIONS

Nous avons présenté une ressource pour l'enseignement de la géométrie utilisant un logiciel de géométrie dynamique destiné au professeur et à la formation des enseignants. Nous avons exposé les principes qui ont été retenus pour la conception du DVD et une première version de ce DVD a été montrée aux participants. Grâce aux commentaires et aux remarques

des participants, venant d'horizons assez variés : enseignants, formateurs et chercheurs, nous avons pu avoir des premiers retours.

Les analyses faites par les participants, lorsqu'ils se plaçaient en tant qu'enseignants, étaient plutôt inspirées par leur expérience, du côté de la situation, de son intégration dans le cours, de l'adaptabilité de celle-ci à leur pratique enseignante et de comment ils pourraient, eux, se l'approprier. Par exemple, une question qui nous paraît importante et qu'il faudrait préciser est : la situation « Echelle » semble s'appuyer sur l'utilisation des outils parallèle et perpendiculaire. Cependant, il n'est pas évident de savoir s'il s'agit d'une situation qui permet d'introduire ces deux notions ou alors si elle s'appuie dessus. Dans ce dernier cas, comment peut-on introduire ces deux notions et les deux outils ?

Une autre question très importante est celle de la mise en place du déplacement et du contrat didactique concernant le déplacement. Sachant que la genèse instrumentale du déplacement demande beaucoup de temps et qu'elle doit être gérée et organisée par l'enseignant, comment mettre en place ce nouveau contrat didactique ? Comment initier cette genèse instrumentale ? Ces questions ne sont pas totalement prises en charge dans la maquette initiale présentée dans l'atelier.

A propos de l'appropriation de Cabri-géomètre par l'enseignant, y a-t-il une prise en main du logiciel inclus dans le DVD ? Comment un enseignant inexpérimenté peut-il s'approprier le logiciel ?

En se mettant à la place des formateurs, les participants ont plutôt fait des remarques à propos des variables didactiques, des possibles analyses pour la formation, de l'utilisation en général du DVD pour la formation des enseignants et de la reproductibilité de la situation.

Les choix faits à propos des variables didactiques ne paraissent pas être assez clairs ni justifiés, par exemple, pourquoi choisit-on de faire commencer les élèves par construire d'abord le montant puis les barreaux ? Certains enseignants peuvent ne pas voir ni comprendre pourquoi l'on favorise une stratégie et pas une autre. Les conséquences possibles de certains choix des variables didactiques pour les stratégies des élèves devraient être explicitées davantage.

Un problème qui se pose, et qui est très important en géométrie dynamique, est celui de la validation. Déplacer **tous** les points pour valider/invalider une construction n'apparaît pas toujours de manière naturelle. Dans un problème comme celui de la situation « Echelle », basé sur une modélisation du monde réel, doit-on se restreindre à ne déplacer que les points qui renvoient à la réalité, ou bien se place-t-on dans les mathématiques, ce qui amène à déplacer tous les points ? Mais alors comment justifier le contexte évoqué par la situation ?

En tant que chercheurs, les participants se sont intéressés aux choix faits pour le DVD : la structure retenue, les éléments pris en compte pour la conception, le cadre théorique. En particulier ils se sont intéressés à l'appropriation de cette ressource par les enseignants et ont posé la question en termes de ressource et/ou document (Gueudet et Trouche, ce volume).

Quelques questions restent à explorer par la suite :

- Quels usages du DVD et des situations sont faits par les enseignants ? Est-ce qu'ils modifient les fichiers du DVD (la fiche de préparation, les fichiers Cabri-géomètre, les menus Cabri-géomètre, etc.) afin de se les approprier ?
- Cette ressource peut-elle devenir un document, au sens de Gueudet et Trouche, pour les enseignants ?
- Peut-elle constituer une ressource pour les formateurs ?
- Au sens utilisé dans le cours de Gueudet et Trouche, est-ce que la structure de cette ressource va contribuer à faire évoluer les *usages* du logiciel par les enseignants ? Est-ce qu'elle peut se constituer en *modèle* de ressource pour des enseignants ou des communautés d'enseignants ?

Notre hypothèse est que les principes retenus pour la présentation des situations dans ce DVD peuvent être pris en compte pour concevoir un modèle de ressource ou au moins des éléments pouvant aider les enseignants à la construction de leur propre modèle de ressource.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Assude, T., Bonnet J.-F., Gélis JM., Rabatel J.-P. (2006), La géométrie dynamique dans des classes de cycle 2 et de cycle 3, *Actes du XXXIIIè Colloque de la COPIRELEM, Dourdan.*

Briand, J., Loubet, M., Salin, M.-H. (2004), *Apprentissages mathématiques en maternelle*, CD-ROM, Hatier Pédagogique.

Brousseau, G. (1998), *Théorie des Situations Didactiques,* Grenoble : La Pensée Sauvage.

Clarou, P., Laborde, C. & Capponi, B. (2001), *Géométrie avec Cabri: Scénarios pour le lycée*. Grenoble : Editions CRDP.

Falcade, R., Laborde, C. & Mariotti M.A. (2007), Approaching functions: Cabri tools as instruments of semiotic mediation. *Educational Studies in Mathematics*, **66 (3)**, 317-333.

Gousseau-Coutat S. (2006), *Intégration de la géométrie dynamique dans l'enseignement de la géométrie pour favoriser la liaison école primaire collège : une ingénierie didactique au collège sur la notion de propriété,* Thèse de l'Université Joseph Fourier – Grenoble 1.

Healy, L. (2000), Identifying and explaining geometrical relationship: interactions with robust and soft Cabri constructions, In: *Proceedings of the 24th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education,* T. Nakahara and M. Koyama (Eds.) Hiroshima: Hiroshima University, Vol. 1 pp. 103-117.

Laborde, C. (2005), Robust and Soft constructions: two sides of the use of dynamic geometry environnments, in Sung-Chi Chu, Hee-Chan Lew, Wei-Chi Yang (Eds.) *Proceedings of the 10th Asian Technology Conference in Mathematics*, Cheong-Ju, South Korea: Korea National University of Education, pp. 22-36.

Laborde, C. et Capponi, B. (1994), Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, **14 (1)** 165-210.

Laborde, C. (ed.) (à paraître), DVD MAGI, Mieux Apprendre la Géométrie avec l'Informatique, Hatier.

Laborde, J.M., Baulac, Y. & Bellemain, F. (1988), *Cabri-géomètre I* [Computer program]. Dallas, USA : Texas Instruments and Grenoble, France : Cabrilog.

Laborde, J.M. & Bellemain, F. (1995), *Cabri-géomètre II and Cabri-géomètre II Plus* [Computer program]. Dallas, USA: Texas Instruments and Grenoble, France: Cabrilog.

Rabardel, P. (1995), *Les Hommes et les Technologies, une approche cognitive des instruments contemporains,* Paris : Armand Colin.

Rabatel, J.-P. et Rolet, C. (2006), Géométrie plane au cycle 3 de l'école élémentaire dans différents espaces instrumentés, *Actes du XXXIIIe colloque de la COPIRELEM, Dourdan.*

Soury-Lavergne, S. (2006), Instrumentation du déplacement dans l'initiation au raisonnement déductif avec Cabri-géomètre, *Actes du Colloque EMF, Sherbrooke.*

ANNEXE 1. QUELQUES ELEMENTS DE LA MAQUETTE DU DVD MAGI : SITUATION « ECHELLE »

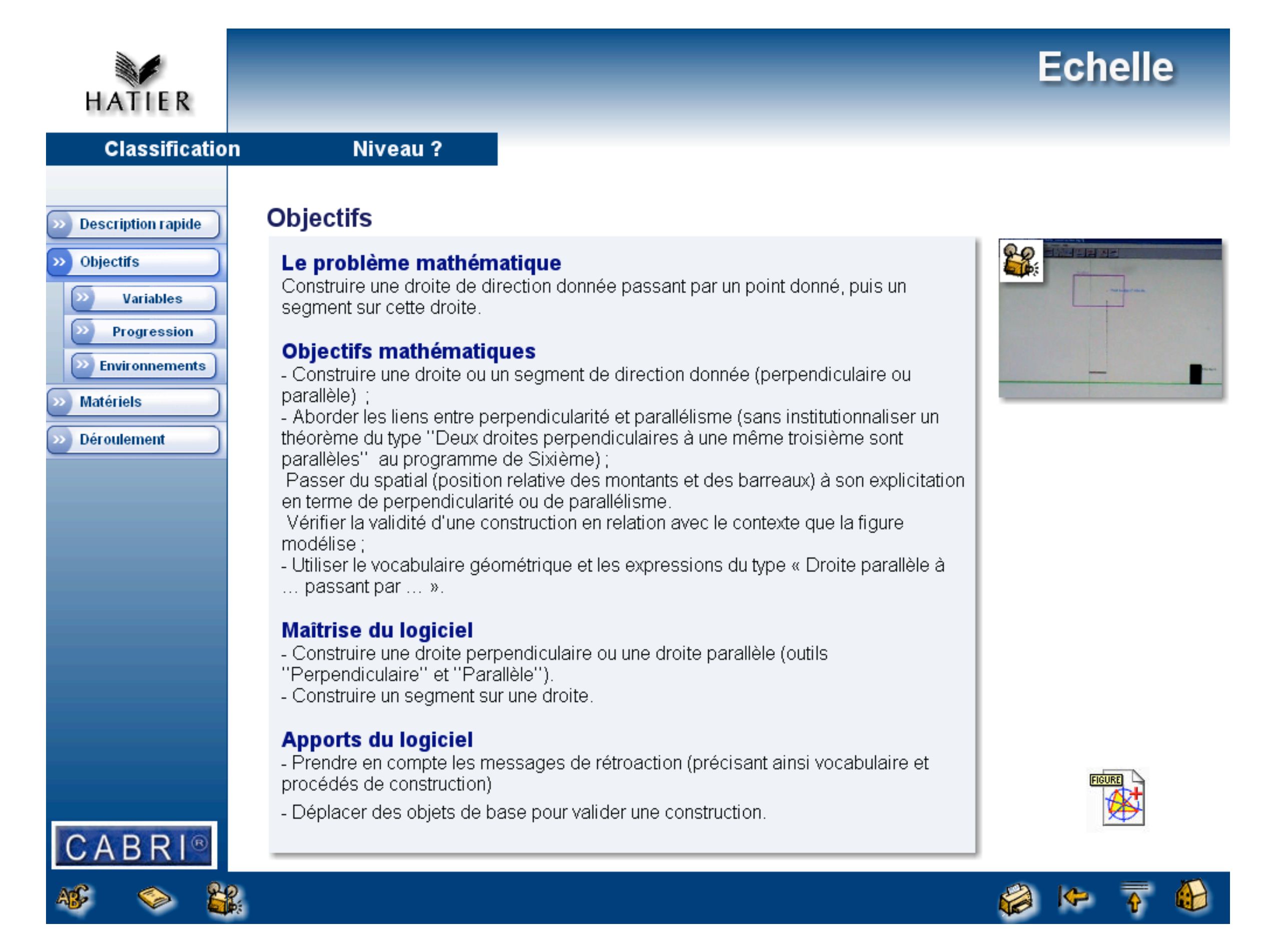


***Figure 1.** Objectifs mathématiques et sur le logiciel*



Figure 2. *Variables didactiques*

Matériel



Photo d'une échelle

Pour expliciter les termes de montant, barreau, point d'attache

Fichiers Cabri

On peut ouvrir



✓ soit un fichier de **menu** puis un fichier de **figure**
- d'abord le fichier de menu (sans CacherMontrer pour que l'élève)
- puis le fichier de figure
  Echelle description pour présenter la situation

  Echelle construction pour l'activité élève

✓ soit l'un des deux fichiers environnements

Fiche de préparation pour l'enseignant

Dans le fichier préparation pour l'enseignant

✓ un document guide pour un déroulement de la séance (à modifier éventuellement)

✓ un exemple de fiche support pour la trace écrite (à photocopier)

Figure 3. Matériels nécessaire pour la séance



Figure 4. Déroulement de la séance

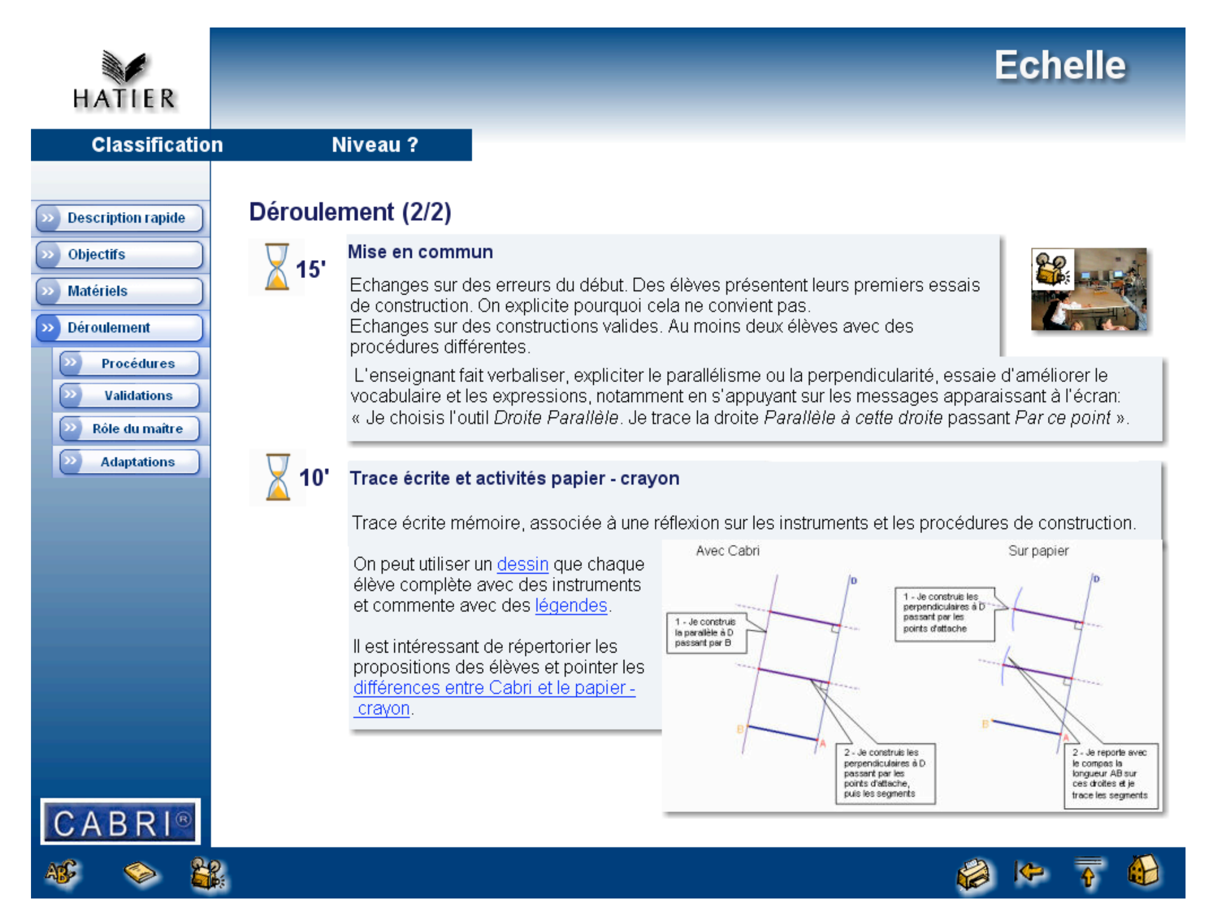


***Figure 5.** Suite déroulement*

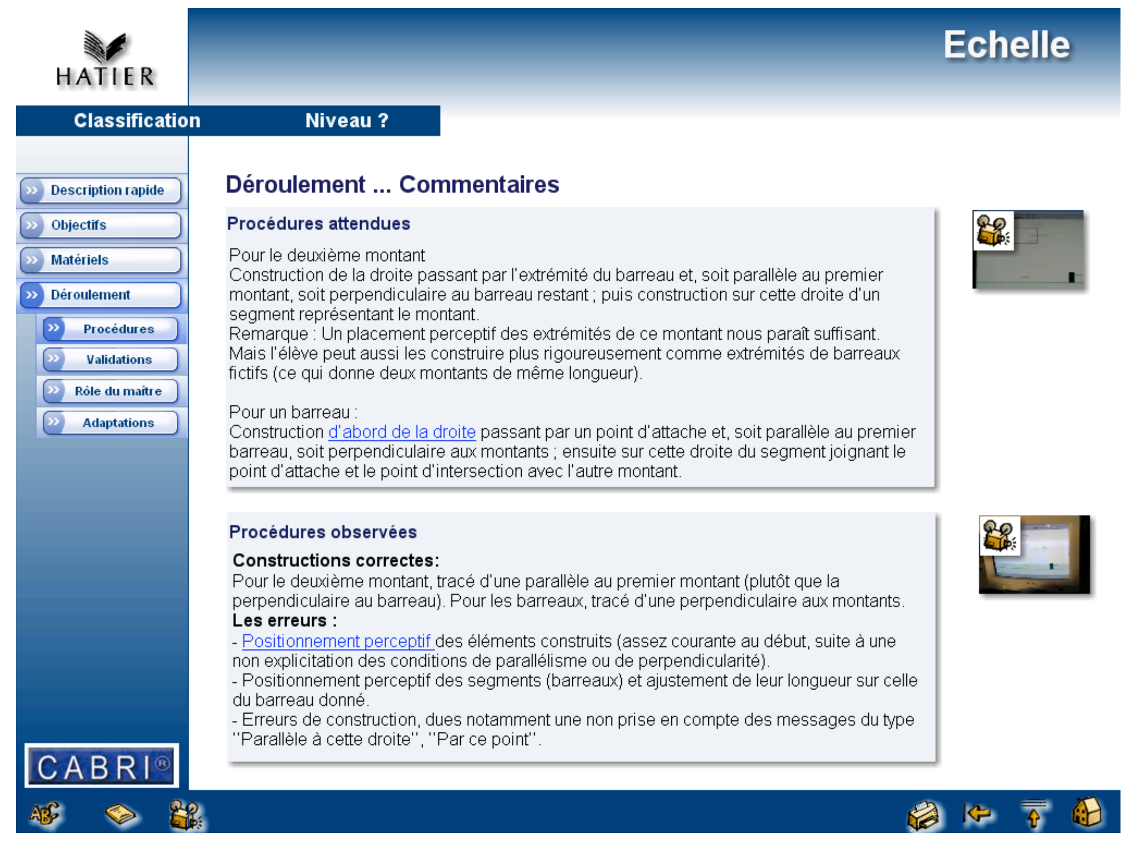


***Figure6.** Procédures attendues, procédures observées*